

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Разработка оптоэлектронного микрометра

- УДК 621.315.2.002(04)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Кононенко Татьяна Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федоров Е.М.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	Кандидат		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

По разделу «Конструкторская часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

По разделу «Расчет надежности»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	профессор, доктор физ.- мат. наук		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Кононенко Татьяна Владимировна

Тема работы:

Разработка оптоэлектронного микрометра

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования: кабельные изделия; область применения разрабатываемого средства измерения: цеха по изготовлению кабельной продукции; прибор должен иметь протокол связи прибора с технологическим оборудованием, для управления процессом производства; вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов должна быть не менее 0,95.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов,

*Обзор методов измерения кабельной продукции; анализ существующих схем построения оптических измерителей диаметра, их достоинства и недостатки
Цель разработки: Создание прибора для определения поперечных размеров кабельной продукции в процессе производства.
Сконструирован прибор позволяющий измерять диаметр кабеля до 30мм с абсолютной погрешностью 20мкм. С его помощью можно производить непрерывный контроль*

подлежащих разработке; заключение по работе).	диаметра кабеля в процессе производства. Благодаря использованию современной элементной базы, прибор обладает высоким быстродействием и надежностью
---	---

Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> • Схема структурная • Печатная плата • Оптоэлектронный микрометр. Общий вид • Корпус прибора
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О.Н.
«Социальная ответственность»	Кырмакова О.С
Конструкторская часть	Степанов А.Б.
Расчет надежности	Степанов А.Б.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

-

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федоров Е.М.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Кононенко Т. В.		

Оглавление

Введение	2
Определения, обозначения и сокращения	4
1 Описание объекта контроля	5
1.1 Классификация и назначение кабелей.....	5
2 Контроль диаметра	13
2.1 Приборы контроля для кабельной промышленности	13
2.2 Группа измерителей диаметра	16
3 Классификация методов измерения.....	17
3.1 Контактные методы.....	17
3.2 Бесконтактные методы.....	19
3.2.1 Емкостной метод	21
3.2.2 Оптические методы.	22
3.3 Анализ оптических методов.	22
3.3.1 Метод измерения мощности потока излучения	22
3.3.2 Схема со сканирующим узлом.....	23
3.3.3 Теневой метод в квазипараллельном пучке.....	25
3.3.4 Теневой метод в расходящемся пучке.....	26
3.3.5 Метод построения изображения	28
3.4 Выбор метода измерения.....	31
4 Расчет и проектирование устройства	32
4.1 Структурная схема	32
4.2 Расчет и проектирование оптической системы	33
4.2.1 Источники излучения в измерителях диаметра	33
4.2.2 Выбор коллиматора.....	41
4.2.3.Выбор многоэлементного приёмника	42
4.3 Электрическая схема прибора и её элементная база.	47
4.3.1 Выбор микроконтроллеров.....	47
4.3.2 Выбор компаратора	53
4.3.3 Выбор индикации	54
Рисунок 31 Семисегментный индикатор GNQ-5641AE.	54

4.3.4 Организация связи прибора с компьютером	55
5. Конструкторско-технологическая часть	57
5.1 Конструкция и технология изготовления печатной платы	57
5.2 Конструкция и технология изготовления корпуса прибора.....	60
6. Расчет надежности.....	61
7 Определение погрешности измерения	70
8. Социальная ответственность.	73
8.1. Техногенная безопасность.....	74
8.2 Региональная безопасность	80
8.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	81
8.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.	83
8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
9 Организационно – экономическая часть	87
9.1 Организация и планирование работы.....	87
9.2 Определение трудоемкости выполнения НИР	88
9.3 Расчет себестоимости НИР.....	92
9.4 Оценка экономического эффекта.....	98
Заключение.....	100
Список использованной литературы	101
Приложение А.....	103
Приложение Б.	104
Приложение В.....	105
Приложение Г.	106
Приложение Д.....	107

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страницы, 34 рисунка, 14 таблиц, 23 источника, 5 приложений.

Ключевые слова: кабель, диаметр, пучок, измерение.

Объектом исследования является кабельная продукция.

Цель работы - разработка прибора измерения диаметра кабельной продукции.

В процессе работы проводилась оценка методов и средств измерения, а также выбор оптимального метода.

Эффективность проведенного исследования заключается в подробном рассмотрении систем измерения .

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, а так же с помощью программ и приложений:

P-CAD 2001, AutoCAD 2006, Paint, Аскон-Компас.

Введение

Кабели и провода это важнейшие изделия, без которых, несомненно, сложно представить современную повседневную жизнь общества. Кабельная продукция широко используется в современной промышленности - электроэнергетике, системах передачи информации, в приборостроении, в специальных областях техники и быту, безусловно, это обусловлено прогрессом в этих отраслях, т.е. появлением новых систем передачи информации и т.д.

Кабельные изделия выполняют функцию передачи электрической энергии или информации на расстояние, т.е. используются для создания самых разнообразных электронных, электрических, волоконно-оптических и радиотехнических цепей. Под термином «передача информации» следует понимать передачу электромагнитных колебаний определенной формы. Количественные параметры этих колебаний должны изменяться определенным образом, соответствующим характеру передаваемой этим полем полезной информации.

В условиях современного производства одним из главных способов непосредственного снижения себестоимости кабельных изделий является жесткий контроль расхода изоляционного материала при производстве в реальном времени, он необходим для оперативного вмешательства в технологический процесс, в случае обнаружении брака. Снижение доли брака достигается путем совершенствования технологии контроля основных параметров изделия непосредственно в процессе производства, а также автоматизацией технологических процессов.

Производство протяженных круглых изделий, таких как прокат, трубы, нити и трубки из стекла, пищевые полиамидные оболочки, шнуры, тросы, большинство кабелей и т.п. характеризуется непрерывностью технологического процесса, необходимостью измерения параметров изготавливаемого изделия непосредственно в ходе технологического процесса и невозможностью использования для измерения параметров контактных методов контроля.

Целью данной работы является разработка системы контроля диаметра электрического кабеля, соответствующей следующим требованиям:

- Высокое быстродействие, дающее возможность проводить измерения на движущемся кабеле;
- Отсутствие механического контакта измерителя и кабеля, что позволит устанавливать измеритель сразу за экструдером изолирующего агрегата;
- Наличие протоколов связи прибора с технологическим оборудованием, для управления процессом производства;
- Универсальность – возможность применения прибора на разных этапах производства, а также для различных типов изделий.

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коллиматор: устройство для получения пучков параллельных лучей света или ионизирующего излучения.

Экспозиция: произведение освещенности светочувствительного элемента на время освещения.

Аберрация: ошибка или погрешность изображения в оптической системе, вызываемая отклонением луча от того направления, по которому он должен был бы идти в идеальной оптической системе.

Светоизлучающий диод: СД.

Лазерный диод: ЛД.

Прибор с зарядовой связью: ПЗС.

Микроконтроллер: МК.

1 Описание объекта контроля

1.1 Классификация и назначение кабелей

Номенклатура кабельных изделий очень многообразна. При этом основным критерием при производстве кабельных изделий, несомненно, выступает их качество.

Кабельные изделия можно классифицировать по различным признакам: по группам однородной продукции; составу конструктивных элементов; материалу изоляции; назначению; области применения.

По составу конструктивных элементов кабельные изделия можно подразделить на следующие большие группы:

- электрические провода;
- электрические шнуры;
- электрические кабели.

Провод — это кабельное изделие, содержащее одну или несколько скрученных проволок либо изолированных жил, поверх которых (в зависимости от условий прокладки и эксплуатации) может иметься легкая неметаллическая обмотка и (или) оплетка из волокнистых материалов или проволоки; не предназначено, как правило, для прокладки в земле.

Шнур — это провод с изолированными жилами повышенной гибкости, служащий для соединения с подвижными устройствами.

Кабель — это кабельное изделие, содержащее одну или более изолированных жил (проводников), заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров (возможно, с броней), и пригодное, в частности, для прокладки в земле или под водой.[1]

1.2 Основные сведения о конструкции кабелей

Кабель представляет собой одну или несколько изолированных и скрученных между собой жил, заключенных в герметичную оболочку, поверх

которой могут быть наложены защитные покровы для различных условий прокладки (рис. 1).

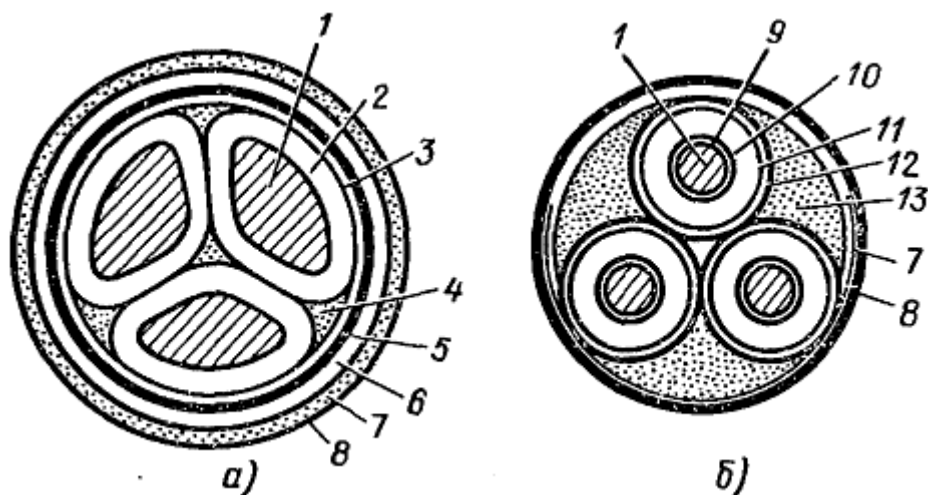


Рисунок 1. Конструкции трехжильных электрических кабелей: а — с поясной изоляцией, б — с отдельно освинцованными жилами; 1 — жила, 2 — изоляция жилы, 3 — поясная изоляция, 4 — межфазные заполнения, 5 — свинцовая или алюминиевая оболочка, 6 — подушка под броней, 7 — броня, 8 — наружный защитный покров, 9, 11 — экраны из полупроводящей бумаги, 10 — бумажная изоляция, 12 — свинцовая оболочка, 13 — джутовое заполнение[2].

По материалу изоляции все кабельные изделия можно подразделить на следующие группы:

- неизолированные провода;
- кабели и провода с бумажной (пропитанной и непропитанной) изоляцией;
- кабели, провода и шнуры с пластмассовой изоляцией;
- кабели, провода и шнуры с резиновой изоляцией;
- эмалированные провода;
- провода и кабели с волокнистой и комбинированной изоляцией.

Классификация по этому признаку важна при рассмотрении вопросов, связанных с технологией производства кабельных изделий, в соответствии с которой производится специализация кабельных цехов или заводов.

По назначению кабельные изделия можно подразделить на следующие группы:

- кабели и провода высокого напряжения;
- кабели, провода и шнуры низкого напряжения;
- кабели связи;

- радиочастотные кабели;
- обмоточные провода.

Кабели и провода высокого напряжения отличаются высоким (свыше 1000 В) значением рабочего напряжения. К ним относят неизолированные провода для воздушных ЛЭП, силовые кабели для передачи и распределения электроэнергии, высоковольтные монтажные провода для соединения элементов радиоэлектронной и электротехнической аппаратуры, а также провода для систем зажигания и запуска автомобилей и летательных аппаратов.

Кабели, провода и шнуры низкого напряжения предназначены для распределения электроэнергии во вторичных (низковольтных) сетях, для дистанционного управления системами контроля и автоматики и их силового питания, монтажа низковольтных схем, цепей освещения и подключения бытовой аппаратуры.

Радиочастотные кабели применяются для передачи высокочастотной (свыше 1 МГц) электроэнергии в качестве фидеров, соединяющих передающую и приемную аппаратуру с антеннами, а также для монтажа и соединения радиоаппаратуры и систем кабельного телевидения.

Обмоточные провода применяются для изготовления разнообразных обмоток электрических машин, аппаратов и электроизмерительных приборов.

Классификация кабельных изделий по назначению выполняется в зависимости от значения трех основных «электрических» параметров — напряжения, тока и частоты, которыми и определяются особенности конструирования и расчета перечисленных групп кабельных изделий.

По кабельным изделиям высокого и низкого напряжения могут передаваться как значительные, так и незначительные токи. В первом случае площадь сечения токопроводящих жил выбирается исходя из требования обеспечения длительно допустимой температуры жилы (нагревостойкости). В случае небольших токов площадь сечения жил выбирается исходя из допустимого значения падения напряжения по длине кабельного изделия или же из соображений обеспечения достаточной механической прочности жилы.

Вид напряжения (переменное, постоянное) и частота тока также оказывают решающее влияние на принципы конструирования кабельных изделий.

Конструктивные элементы кабелей.

Токопроводящие жилы изготавливают из медной и алюминиевой проволоки. В зависимости от условий прокладки жилы изготавливают различной гибкости и делят на шесть классов. В связи с этим жилы могут быть однопроволочными или многопроволочными. Для неподвижной прокладки применяют жилы I, II и III классов, для подвижной — более гибкие жилы IV, V и VI классов.

Для силовых кабелей стационарной прокладки изготавливают жилы круглой (рис. 2) или фасонной (секторной или сегментной) формы (рис. 3).

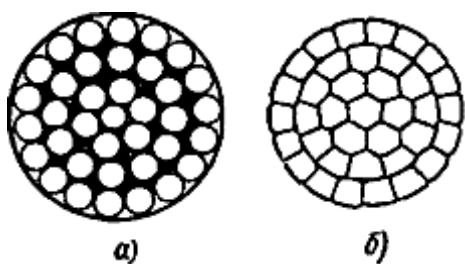


Рисунок. 2. Круглая токопроводящая жила. а — неуплотненная, б — уплотненная

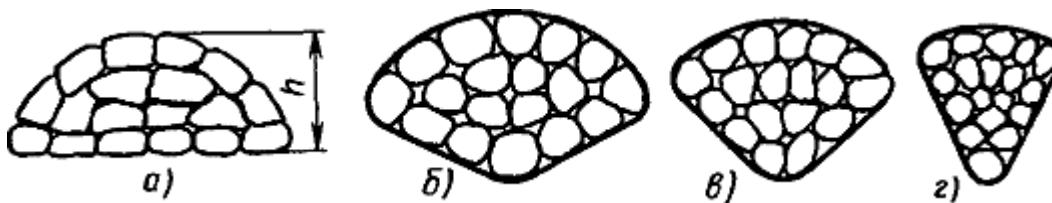


Рисунок. 3. Уплотненная токопроводящая жила: а — сегментная для двухжильного кабеля, б — секторная для трехжильного кабеля, в — секторная (рабочая) для четырехжильного кабеля, г — секторная (нулевая) для четырехжильного кабеля[2].

Благодаря применению секторных и сегментных жил вместо жил круглого сечения происходит уменьшение диаметра кабеля до 20—25% и соответственно снижается расход изоляционных материалов, оболочки и защитных покровов.

Надежность работы кабеля в существенно зависит от качества изоляции. Изоляция должна обладать такой электрической прочностью, чтобы

возможность электрического пробоя ее при напряжении, на которое рассчитан кабель, была исключена.

Для изолирования жил кабелей между собой и от наружных металлических оболочек применяется бумажная, пластмассовая и резиновая изоляция.

Бумажная пропитанная изоляция жил кабелей имеет высокие электрические характеристики, сравнительно высокую допустимую температуру, продолжительный срок службы и невысокую стоимость, благодаря этим достоинствам она находит широкое применение. К недостаткам же бумажной изоляции можно отнести ее гигроскопичность, которая влечет за собой необходимость тщательного изготовления и полной герметичности оболочек и муфт кабелей.

Жилы обматываются непропитанными лентами из бумаги. Самый распространенный способ наложения лент - обмотка с зазором (рис. 4). Благодаря зазору между лентами можно в некоторых пределах изгибать кабель без опасения повреждения бумажной изоляции.

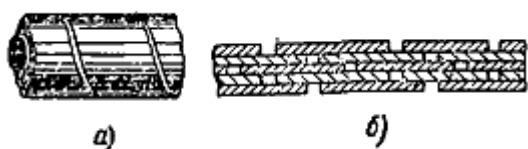


Рисунок. 4. Обмотка с зазором: а - положение бумажных лент и зазоров по периметру, б — нормальное перекрытие зазоров бумажными лентами между витками нижележащих лент

В многожильных кабелях верхние ленты изоляции жил имеют цифровое обозначение или отличительную расцветку - номеру 1 соответствует белый или желтый, номеру 2 — синий или зеленый, номеру 3 — красный или малиновый, номеру 4 — коричневый или черный цвет [2].

Пластмассовая изоляция для силовых кабелей изготавливается из полиэтилена или поливинилхлорида (ПВХ).

Полиэтилен имеет хорошие механические свойства в широком интервале температур, стойкость к воздействию кислот, щелочей, влаги, а также обладает высокими электроизоляционными характеристиками. В

зависимости от способа получения и применяемых добавок различают полиэтилен низкой и высокой плотности (имеет большие, по сравнению с полиэтиленом низкой плотности температуру плавления и механическую прочность).

За счет введения в полиэтилен органических перекисей и последующей вулканизацией значительно повышается его температура плавления и стойкость к растрескиванию. Вулканизированный полиэтилен незначительно деформируется при 150°C. Чтобы получить самозатухаемый полиэтилен в него вводят специализированные добавки.

Поливинилхлорид представляет собой твердый продукт полимеризации, не распространяющий горения. С целью повышения его эластичности и морозостойкости в него добавляют пластификаторы, для улучшения электроизоляционных характеристик — каолин, тальк, карбонат кальция. Однако, под воздействием температуры, солнечной радиации, различных сред ПВХ стареет за счет улетучивания пластификатора, т. е. происходит снижение эластичности и хладостойкости.

Резиновая изоляция имеет в своем составе смесь каучука (натурального или синтетического), наполнителя, мягчителя, ускорителя вулканизации, противостарителя, красителя и др. К преимуществам резиновой изоляции относятся ее гибкость и практически полная негигроскопичность.



Рисунок.5 Резиновая изоляция(пример)

Недостатками резиновой изоляции является ее более высокая стоимость, более низкая рабочая температура жилы (65 °C) по сравнению с прочими видами изоляции, что снижает допустимую нагрузку на кабель. Кроме того, у изоляционные резины подвержены значительному снижению эластичности и

других физико-механических свойств с течением времени. Старение происходит под воздействием различных факторов (повышенная температура, наличие озона, свет и т. п.) и является в основном следствием окислительной деструкции (разрушения) содержащегося в резине каучука.

Для защиты изоляции жил от воздействия света, влаги, различных химических веществ, а также для предохранения ее от механических повреждений кабели снабжают оболочками. Лучшими для кабелей по герметичности и влагонепроницаемости, гибкости и теплостойкости считаются оболочки из металлов (свинец, алюминий).

Кабели с невлагоемкой (пластмассовой или резиновой) изоляцией не нуждаются в металлической оболочке, поэтому их обычно изготавливают в пластмассовой или резиновой оболочке. Толщина оболочки нормируется и зависит от материала, из которого она изготовлена, диаметра кабеля и условий эксплуатации.

Защитные покровы предназначены для защиты кабелей от механических повреждений и коррозии, они включают в себя подушку, броню и наружный покров.

Подушка кабеля представляет собой концентрические слои волокнистых материалов и битумного состава или битума поверх оболочки. Ее задача предохранение оболочек кабеля от повреждения лентами или проволоками брони и защиты ее от коррозии. Минимальная толщина подушки зависит от конструкции, диаметра кабеля и составляет 1,5 — 3,4 мм.

Броня служит для защиты кабелей от механических повреждений. Для кабелей, не подвергающихся в процессе эксплуатации растягивающим усилиям, применяют ленточную броню, состоящую из двух стальных лент толщиной от 0,3 до 0,8 мм (в зависимости от диаметра кабеля по оболочке), она накладывается так, чтобы верхняя лента перекрывала зазоры витками нижней ленты. Для кабелей, подвергающихся растягивающим усилиям, применяют броню из стальных оцинкованных плоских или круглых проволок. Толщина

брони из стальных оцинкованных плоских проволок составляет 1,5—1,7 мм, а диаметр круглых —4 —6 мм. [2]

Наружный покров, состоит из слоя битумного состава или битума, пропитанной пряжи и покрытия, для предохранения витков кабеля от слипания.

2 Контроль диаметра

2.1 Приборы контроля для кабельной промышленности

В кабельной промышленности технология производства кабелей и проводов, в частности число и последовательность технологических операций, зависит главным образом от конструкции изделия, в свою очередь обусловленной его назначением и требованиями, предъявляемыми к его эксплуатационным характеристикам.

Кабель представляет собой совокупность (от единицы до нескольких тысяч) токопроводящих жил, изолированных каждая в отдельности, скрученных и заключенных в общую герметичную оболочку, поверх которой могут быть наложены наружные защитные покровы.

Следовательно, цикл производства кабелей включает технологические операции скрутки, изолирования, наложения оболочек и в большинстве случаев наложения наружных защитных покровов (бронепокровов).

В общем виде схема изготовления кабельных изделий изображена на рисунке 6.

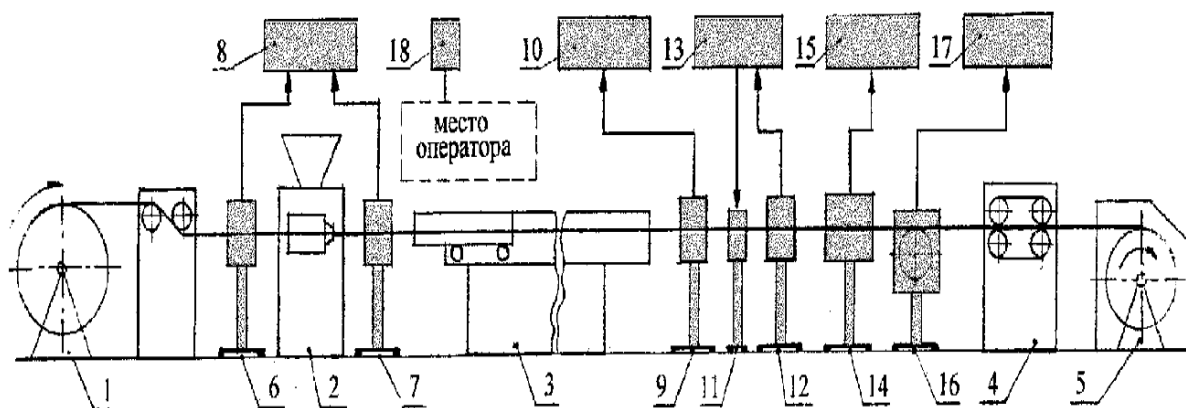


Рисунок 6 Схема технологического процесса изготовления

1-отдающее устройство, 2-экструдер, 3-охлаждающая ванна, 4-тяговое устройство, 5-принимающий барабан, 6,7,8-измерительные головки и блок индикации измерителя толщины изоляции, 9,10-измерительная головка и блок индикации измерителя диаметра, 11,12,13 –индуктор, измерительная головка и блок индикации измерителя эксцентricности, 14,15- высоковольтный блок и блок индикации измерителя электрической прочности изоляции, 16, 17 метражное устройство и блок индикации измерителя длины и скорости.

Данная схема показывает, что производство кабельных изделий включает в себя много технологических процессов, сильно отличающихся друг от друга характером выполняемых операций, скоростями и температурными режимами, применяемым оборудованием, видом исходных материалов, типом готовой продукции и т. д.

Существующие типы приборов для контроля конструктивных размеров кабельных изделий подразделяются на контактные и бесконтактные.

Приборы контактного типа являются наиболее простыми и обеспечивают необходимую точность контроля. Однако их применение целесообразно при сравнительно небольших скоростях движения контролируемого объекта в связи с неравномерным износом измерительных поверхностей и значительной инерционностью. При наложении изоляции и покровов горячим способом контроль конструктивных размеров контактным способом осуществим только после охлаждения изделия, на значительном удалении от рабочего оборудования, что затрудняет процесс контроля и автоматического регулирования.

На технологических процессах, где скорость протяжки проводов и токопроводящих жил превышает 350—400 метров в минуту, более предпочтительными являются приборы бесконтактного типа, обеспечивающие высокую точность, необходимое быстроедействие и имеющие выход на автоматическое регулирование.

Проблемы контроля геометрических параметров кабельных изделий заключаются в следующем:

1. Параметры изделия необходимо контролировать сразу после выполнения технологических операций, при которых формируется геометрический размер (волочение, скрутка гибкой жилы, наложение изоляции на токоведущую жилу (экструзия), наложение оболочки кабеля, и т.п.).

2. Контроль параметров изделия на современном оборудовании нужно осуществлять при движении контролируемого изделия с линейной скоростью до 100м/с. Кроме того, при контроле диаметра изоляции кабеля до ее

охлаждения, механический контакт с изоляцией, нагретой до температуры 180°...240°С, недопустим.

3. Участок контроля геометрического размера на технологической линии и место оператора линии разнесены обычно на десятки метров, что обуславливает необходимость дистанционной передачи полученных данных оператору.

4. Допустимая погрешность измерения диаметра имеет довольно небольшое значение и для малых измеряемых диаметров находится в диапазоне 1-5мкм, что лежит на границе возможностей большей части известных методов измерения.

5. Условия эксплуатации измерительных приборов при производстве кабелей далеки от лабораторных и характеризуются наличием влаги и загрязнения, повышенной температурой.

При изготовлении кабельных изделий качество продукции может контролироваться двумя взаимодополняющими друг друга способами: выходной контроль в ОТК, которому подвергается 100% выпускаемой продукции и пооперационный контроль непосредственно в процессе изготовления. Последний проводится путем контроля параметров технологического процесса.

Непрерывный контроль параметров технологического процесса совмещается с контролем параметров изготавливаемого кабельного изделия, что позволяет в случае обнаружения брака оперативно вмешиваться в технологический процесс и устранять брак сразу при его возникновении[3].

2.2 Группа измерителей диаметра

Различные технологические процессы изготовления кабельных изделий включают в себя перемещение полуфабрикатов и готовой продукции со скоростями от 8—10 метров в минуту (эмалирование) до 1000 м/с (волочение). Температура контролируемых изделий может иметь диапазон значений от нескольких десятков до нескольких сотен градусов.

Поперечные размеры контролируемых изделий лежат в диапазоне от долей миллиметра до нескольких сантиметров, и требуют измерения с различной точностью.

Для контроля диаметра токопроводящих жил, проводов и кабелей разработано много различных типов приборов, предназначенных для применения в определенных условиях.

Повышение требований к качеству кабелей и проводов определяет необходимость непрерывного контроля в процессе их производства.

Оперативный контроль внешнего диаметра кабельных изделий необходим как в процессе изготовления кабеля, так и на этапе выходного контроля готовой продукции.

3 Классификация методов измерения.

Все способы контроля размеров делятся на контактные, когда чувствительный элемент непосредственно соприкасается с измеряемым объектом, и бесконтактные. [3]

Классификация измерителей диаметра представлена в виде дерева на рисунке 7.



Рисунок 7. Классификация измерителей диаметра

3.1 Контактные методы

Все контактные измерители диаметра имеют в своей основе применение обычных механических микрометров или датчиков перемещения.

Измеритель диаметра имеет подвижный щуп, который непосредственно касается измеряемой поверхности. В процессе измерения диаметра кабеля щуп меняет свое положение, это фиксируется микрометром или датчиком перемещения, а затем индицирует результат отклонения на градуированной шкале или цифровом табло.

Приборы, использующие контактные методы измерения, имеют структурную схему (рисунок 8), включающую контролируемую деталь 1, чувствительный элемент 2, измерительный преобразователь 3, вторичный электронный прибор 4 и регистрирующее устройство 5.

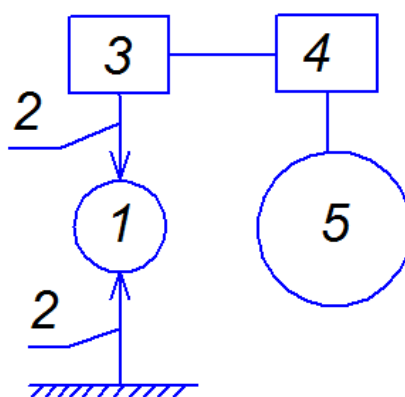


Рисунок 8 структурная схема прибора, использующего контактные методы измерения

В качестве измерительных преобразователей обычно используют механические, оптико-механические, электрические и пневматические датчики.

Недостатком таких измерителей является контакт щупов с объектом контроля, что приводит к истиранию трущихся поверхностей щупов, что в свою очередь, может провоцировать повреждения и деформации изоляции кабеля. Само собой, такие измерители диаметра не отличаются большим сроком службы[3].

Поскольку контактные микрометры для измерения размеров устанавливаются непосредственно на технологическом оборудовании, на точность их работы могут влиять вибрации, возникающие в цехе.

Учитывая все эти недостатки, разработчики со временем отказываются от контактных измерителей диаметра.

3.2 Бесконтактные методы

В технике измерения широко распространены технические средства, имеющие в своей основе бесконтактные методы. Они обладают хорошими метрологическими и эксплуатационными характеристиками, а также динамическими свойствами. Для бесконтактных измерений размеров и формы часто используют оптические, пневматические и другие первичные преобразователи, с помощью которых контролируемый параметр преобразуется в соответствующую физическую величину.

В технологических процессах, где скорость опрессовки проводов и токопроводящих жил высока, предпочтительнее применять приборы бесконтактного типа, обеспечивающие высокую точность, необходимое быстродействие и имеющие выход на автоматическое регулирование [3]

В настоящее время к прибору для измерения диаметра кабеля можно предъявить следующие требования:

- отсутствие механического контакта измерителя с кабелем, для обеспечения возможности установки измерителя в технологической линии сразу за экструдером изолирующего агрегата;
- измерение диаметра по двум координатам и более, с возможностью оценки овальности изготавливаемого изделия;
- высокая точность измерения, достигающая долей процента;
- высокое быстродействие (сотые доли секунды), позволяющее проводить измерения на движущемся кабеле;
- малые погрешности, при поперечных перемещениях кабеля;
- наличие протоколов связи прибора с технологическим оборудованием, для осуществления управления процессом производства;
- нечувствительность прибора к изменениям таких внешних факторов как: температура, влажность, давление, сетевые помехи и др.;
- универсальность – возможность использования прибора на разных этапах производства и для различных типов изделий;-

- высокие показатели надежности в реальных условиях эксплуатации при длительной многосменной работе;

- простота обслуживания;

- низкая стоимость.

Бесконтактные приборы условно можно поделить на 2 группы: ёмкостные и оптические.

3.2.1 Емкостной метод

Емкостный преобразователь (рисунок 9) преобразует поперечный размер изделия в емкость. Характерной особенностью микромеров для допускового контроля является измерение отклонений диаметров контролируемого проводника от номинального, непосредственно в ходе технологического процесса их производства.

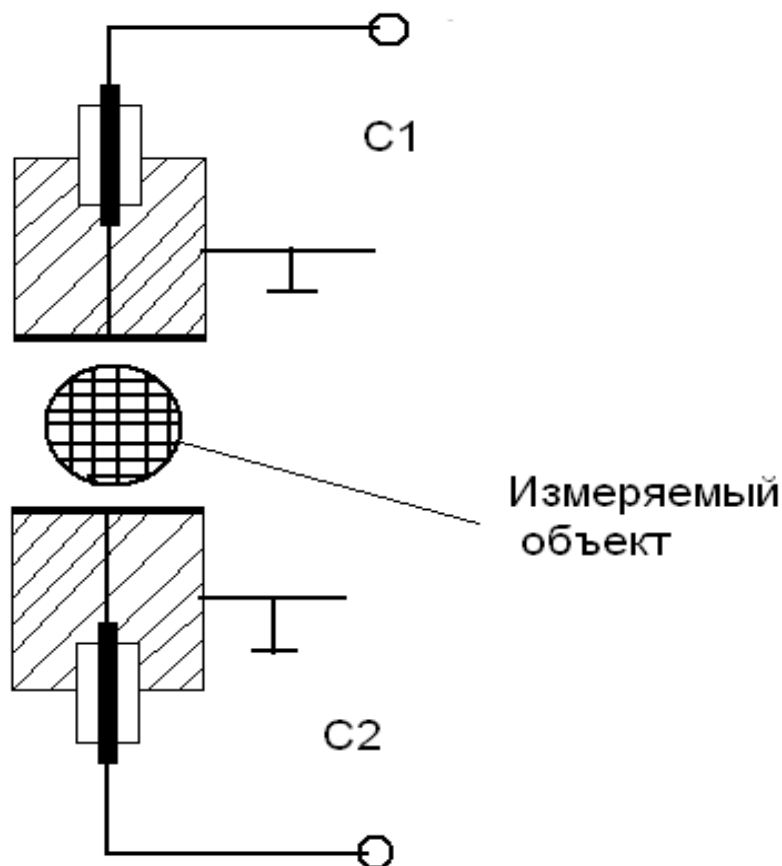


Рисунок 9 Емкостный преобразователь.

Основными недостатками преобразователей этого типа является: значительное внутреннее сопротивление, погрешность от влияния окружающей среды и других факторов, необходимость тщательного экранирования и принятия других мер для уменьшения влияния внешних электромагнитных полей и паразитных емкостей. Помимо этого данные преобразователи позволяют измерять только диаметры жилы без изоляции. Что ограничивает область их применения .

3.2.2 Оптические методы.

Самыми распространёнными и многочисленными из методов измерения являются оптические. Они так же являются одними из самых современных и перспективных для создания измерительных приборов. Анализ оптических методов представлен в следующем разделе.

3.3 Анализ оптических методов.

3.3.1 Метод измерения мощности потока излучения

Схема, показанная на рисунке 10, основана на измерении мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником. Измеряемый объект (кабель) помещается в рабочую зону, через которую проходит параллельный световой поток осветителя. Кабель частично перекрывает световой поток, следовательно, уменьшается мощность излучения, достигающая фотоприемника. Затем диаметр измеряемого кабеля высчитывается по изменению мощности излучения.

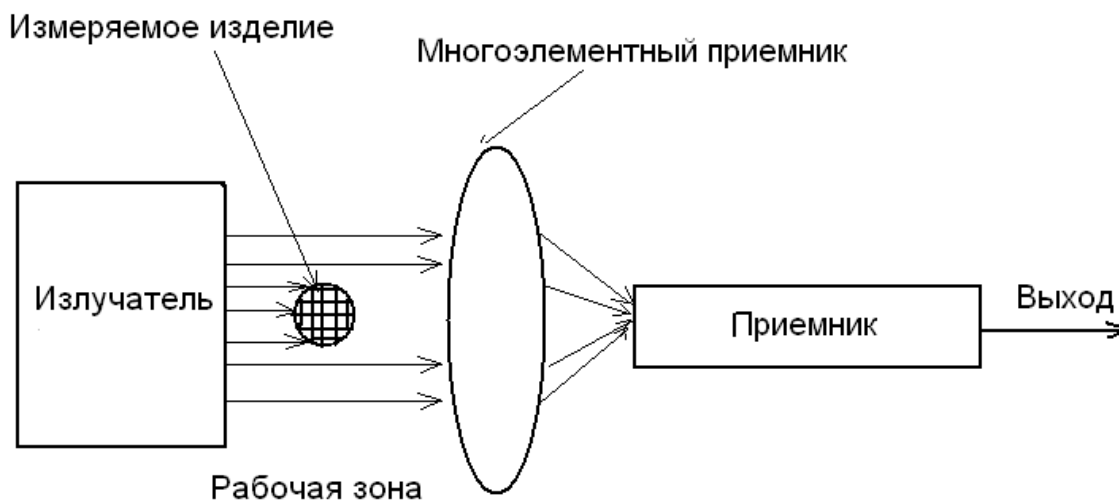


Рисунок 10 Схема метода измерения мощности потока излучения

Для применения данной схемы необходим источник со стабильной излучательной способностью, остающейся с течением времени постоянной, а так же приёмник оптического излучения с постоянной чувствительностью. В реальных условиях это труднодостижимо, в виду наличия внешних дестабилизирующих факторов. По этой причине прибор требует постоянной

калибровки и не отличается достаточной точностью измерений. Необходимость амплитудных измерений мощности, а в некоторых вариантах схемы и необходимость проведения измерений механических перемещений ограничивают применение схемы.

Метод измерения мощности потока излучения является одним из первых методов оптического контроля габаритных размеров и в силу вышеописанных причин сейчас не применяется для приборов контроля.

3.3.2 Схема со сканирующим узлом

Схема, приведенная на рисунке 11, содержит сканирующий узел, создающий тонкий луч, равномерно вращающийся со скоростью V в зоне измерения шириной W . Пересекая измеряемый кабель, луч прерывается и на фотоприемнике, воспринимающем излучение, возникает импульс, длительность которого равна времени t движения луча в поперечном сечении кабеля. Длительность импульса фотоприемника измеряется и переводится в диаметр измеряемого кабеля выражением.

$$D = \frac{t}{T} \cdot W,$$

где T есть период сканирования всей рабочей зоны.

Так как время t зависит от собственной скорости движения измеряемого объекта v , расчёты по этой формуле будут верны только в том случае, если v будет равна нулю.[3]

$$t = \frac{D}{V - v} \quad \text{если } v=0 \text{ то } t = \frac{D}{V}$$

Относительная погрешность из-за перемещения кабеля будет равна:

$$\frac{dD}{D} = \frac{v}{V - v}$$

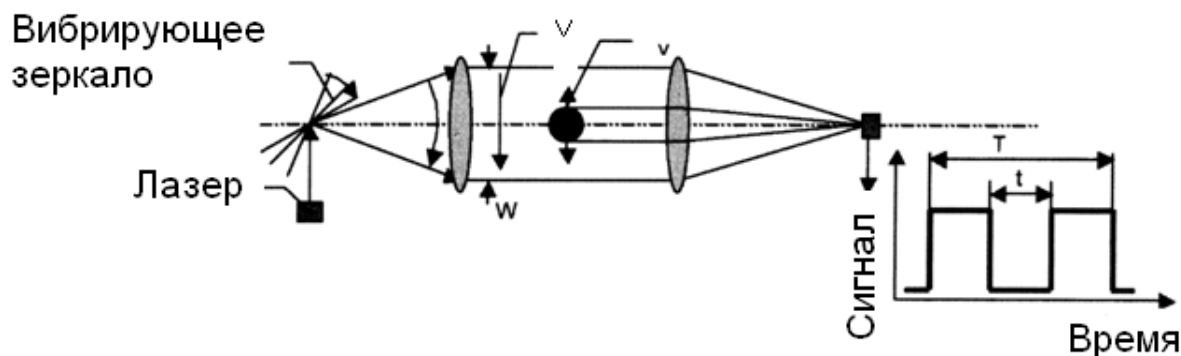


Рисунок 11 Схема со сканирующим узлом

Погрешность измерения, при сильной вибрации кабеля, может возрастать, поэтому кабель нуждается в дополнительной стабилизации.

В качестве источников излучения в таких схемах используют компактные газовые (He-Ne) или полупроводниковые лазеры. Вращение луча осуществляется зеркальным шестигранником, а в новых приборах такого типа пьезоэлектрическим зеркалом.

На рисунке 12 показана аналогичная схема для измерения малых диаметров. Как видно для увеличения разрешающей способности оптическая система должна быть настроена так, чтобы объект находился в фокальных плоскостях коллиматоров.

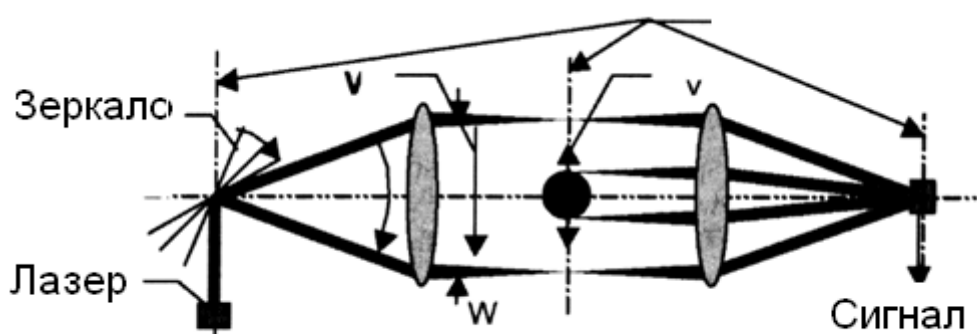
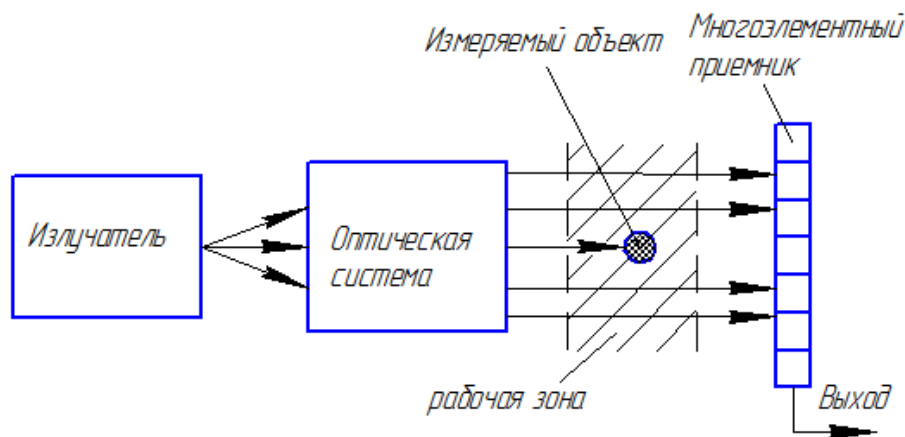


Рисунок 12 Схема для измерения малых диаметров

К достоинствам схемы можно отнести широкий диапазон измерения, большую скорость измерения и достаточно высокую точность. Однако наличие подвижных узлов требует их высококачественного изготовления для получения требуемого ресурса работы[3].

3.3.3 Теневой метод в квазипараллельном пучке

Наиболее часто используемым для разработки устройств измеряющих диаметр кабеля является теневой метод в квазипараллельном пучке. Его оптическая схема представлена на рисунке 13. Излучатель с помощью оптической системы создает в рабочей зоне пучок света близкий к параллельному. Сквозь эту зону горизонтально движется измеряемый кабель, его тень попадает на многоэлементный фотоприемник, ячейки которого расположены вертикально в линию. Число затемненных ячеек фотоприемника помноженное на ширину одной ячейки соответствует диаметру кабеля и может быть подсчитано $D=n \cdot l$ при опросе ячеек. Современные фотоприёмные линейки имеют размер ячейки l от 5 до 12 мкм, что даёт возможность обеспечивать соответствующую точность измерения. В качестве источника излучения могут быть использованы лампа накаливания, одиночный светоизлучающий диод или полупроводниковый лазер. Использование лазера более предпочтительно, так как этот источник наиболее приближён к точечному. Это упрощает оптическую схему и процесс настройки и юстировки[3].



Рисунок

13. Теневой метод в квазипараллельном пучке.

Основной вклад в погрешность при использовании данной схемы вносит не идеальность оптической системы коллиматора, который преобразует свет от точечного источника в параллельный пучок. В виду наличия aberrаций и погрешности юстировки, световой поток в рабочей зоне отличен от

параллельного и при перемещениях измеряемого объекта в рабочей зоне это довольно сильно влияет на точность измерения. Чем больше зона измерения тем шире должна быть апертура коллиматора, а в свою очередь при увеличении апертуры влияние этого вида ошибки на измерение увеличивается, даже при использовании фотоприёмной линейки с более мелким шагом. По этой же причине схема непригодна для измерения объектов менее 1 мм. Таким образом, данная схема применима для измерений в диапазоне диаметров примерно от 1 до 25 мм. Создание двухкоординатных измерителей с широкой зоной измерения на базе этой схемы проблематично в силу ее громоздкости и других изложенных выше причин, однако схема выгодно отличается от предыдущих потенциально более высокой надежностью из-за отсутствия механических подвижных элементов и меньшим влиянием помех, так как не требует проведения амплитудных и временных измерений.

Для построения своего прибора мы будем использовать именно эту схему в силу её выше описанных достоинств.

3.3.4 Теневой метод в расходящемся пучке

Как говорилось в предыдущем пункте, оптическая линзовая система оказывает существенное влияние на точность измерения. На рисунке 14 представлена схема измерителя, в которой точечный источник излучения светит расходящимся пучком непосредственно на фотоприёмную линейку. В качестве источников здесь всегда используется полупроводниковые лазеры излучение которых наиболее близко к точечному.

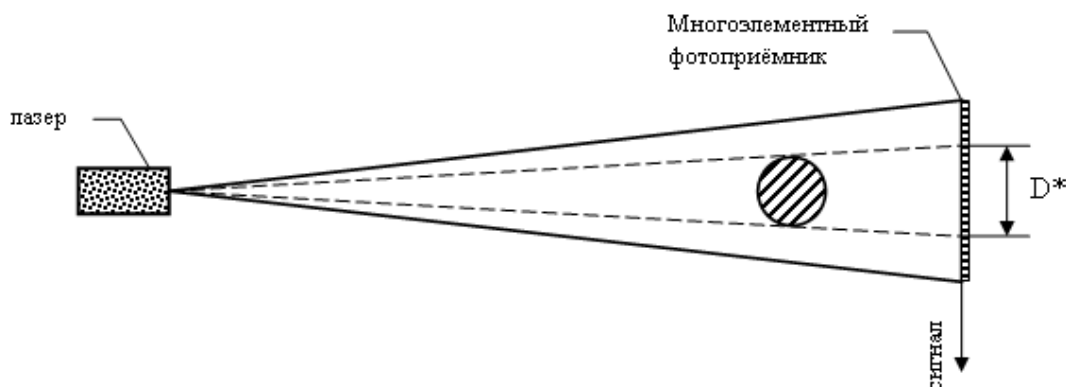


Рисунок 14. Теневой метод в расходящемся пучке

В схеме не используется преобразующая оптика. Здесь мы имеем дело с расходящимся пучком и не можем однозначно определить диаметр объекта по его тени, так как это делается в параллельном пучке. При перемещении измеряемого объекта размер его тени D^* меняется, но мы можем отслеживать эти перемещения, если перпендикулярно одному измерительному каналу поставим другой идентичный первому как показано на рисунке 15. В такой двухкоординатной системе мы имеем в наличии достаточно параметров для вычисления реального диаметра объекта. Рабочей зоной является четырёхугольник ABCD. Внутри её объект может двигаться без ограничений. Когда измерение диаметра D_1 осуществляется по каналу номер 1, одновременно по каналу 2 отслеживается положение объекта L_2 в рабочей зоне и наоборот. Производится замер параметров L_1, D_1, L_2, D_2 используя которые по заранее заложенному алгоритму вычисляется номинальный диаметр объекта в двух взаимоперпендикулярных плоскостях. Таким образом полностью отказавшись от оптики мы вынуждены усложнять прибор и использовать двухкоординатную схему измерения. Однако это скорее можно отнести к её достоинствам, нежели к недостаткам, так как большинство заказчиков требуют, чтобы прибор контролировал диаметр по двум осям и оценивал овальность изделий[3].

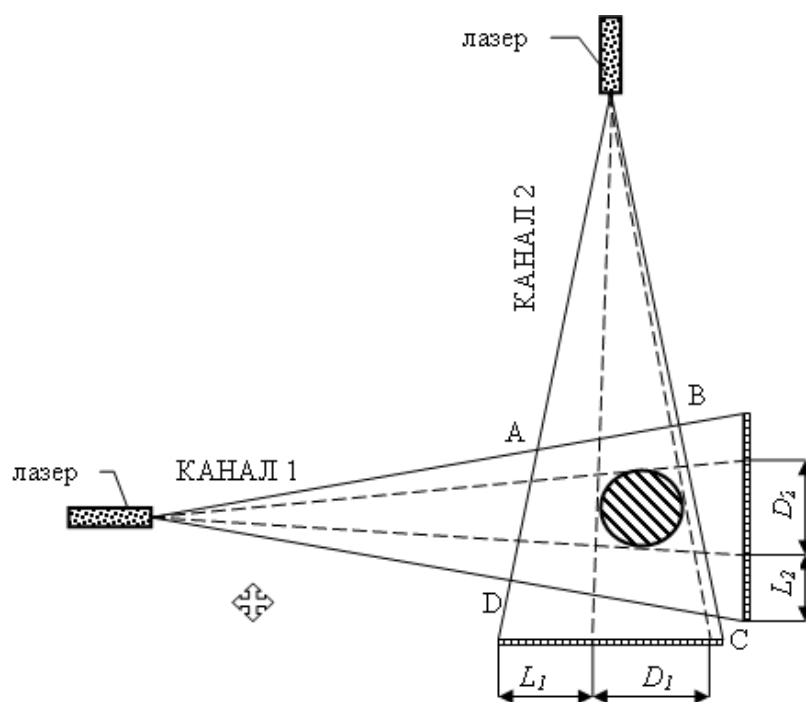


Рисунок 15 Теневой метод в расходящемся пучке, двухкоординатная схема

В данной схеме основную погрешность в измерение вносит тот факт, что диаметр вычисляется, используя довольно сложные, основанные на геометрии, математические выражения. Таким образом, измерение является косвенным, а оно, как известно всегда менее точно чем прямое измерение. Длина современных фотодиодных и ПЗС линеек колеблется в пределах от 20 до 70 мм, что в свою очередь накладывает ограничение на ширину зоны измерения.

К достоинствам схемы можно отнести то, что она: необычайно компактна в виду отсутствия оптики, отлично измеряет малые диаметры (от 0.5 мм), не требует тщательной юстировки, помехоустойчива, является двухкоординатной.

3.3.5 Метод построения изображения

Здесь в основе лежит метод построения изображений объекта рисунок 16. Источниками света служат светодиодные модули «световые полосы», излучающие диффузно рассеянный свет. При этом в предметную плоскость широкоугольных фотографических объективов помещается непрозрачный или частично прозрачный измеряемый образец, а многоэлементный приёмник ставится в плоскости изображений. Пунктирной линией на рисунке 16 показан ход лучей в одном из каналов.

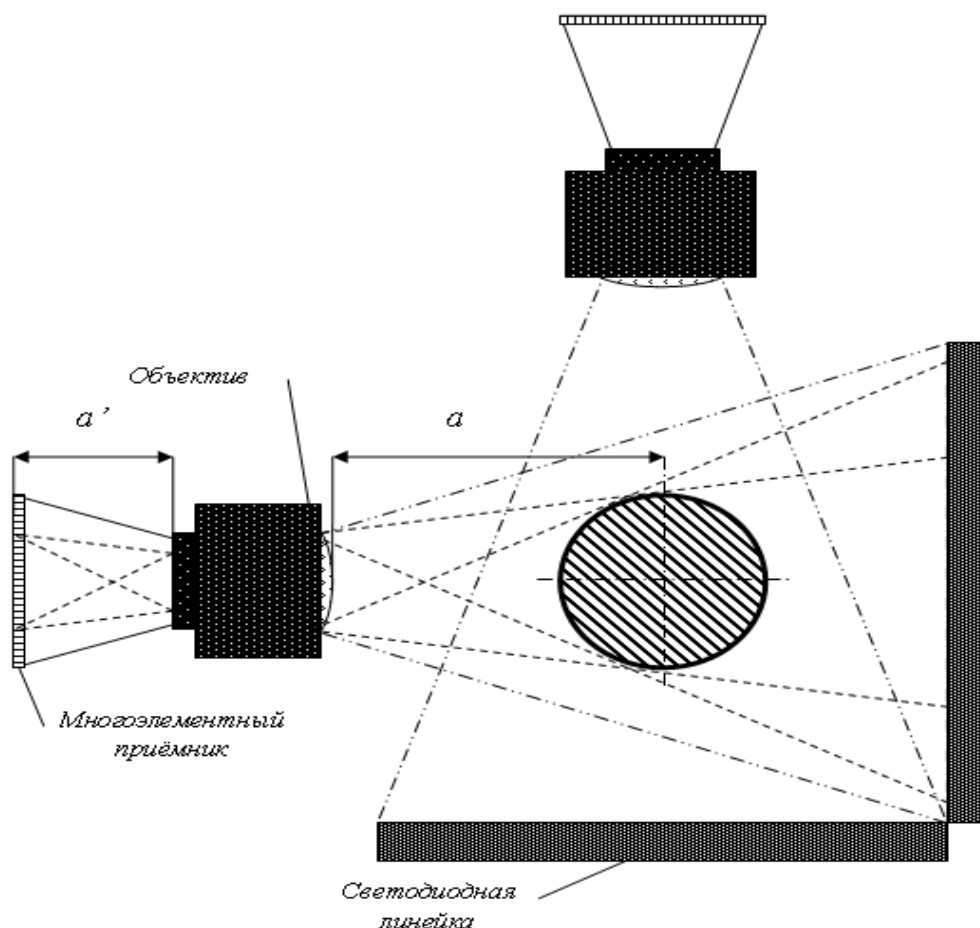


Рисунок 16. Метод построения изображений объекта

Расстояния от главных фокальных плоскостей до предметной плоскости и плоскости изображений находится по формуле:

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = \frac{1}{f}.$$

Таким образом, на ПЗС линейках получаем изображение объекта, уменьшенное в N раз. N зависит от типа используемого объектива и находится по формуле:

$$N = \frac{x_2}{f} = \frac{f}{x_1}, \text{ где } x_1 = a_1 - f \text{ и } x_2 = a_2 - f.$$

При перемещениях объекта в рабочей зоне размеры его изображений на линейках так же меняются. Так же как и в теновом методе в расходящемся пучке, чтобы отследить эти изменения требуется двухкоординатное измерение. Оба канала завязаны друг с другом и при помощи специального программного

обеспечения прибор вычисляет реальный диаметр объекта в зависимости от его положения в рабочей зоне. Это усложнение является полезным, так как кабельные заводы сейчас в основном ориентированы на двухкоординатные измерители, которые способны помимо измерения диаметра, оценивать овальность. Работа каналов разделена по времени, чтобы исключить обоюдно мешающую засветку.

Для приборов такого типа следует использовать высококачественные исправленные на аберрации объективы желательно фотографические. При их использовании перемещения объекта перпендикулярно оптической оси практически не влияют на линейные размеры изображения. В противном же случае эти изменения должны исправляться программно, что является очень сложной задачей.

Достоинствами схемы является то, что она является двухкоординатной; с её помощью, возможно, измерять объекты очень больших диаметров (до 120 мм); в ней не используются дорогостоящие полупроводниковые лазеры и ПЗС линейки большой длины; схема полностью сохраняет свою работоспособность при повышенных внешних температурах[3].

3.4 Выбор метода измерения

Создать измеритель, в полной мере удовлетворяющий всем указанным требованиям, используя контактные принципы измерений, очень сложно. Как выше уже указывалось, их существенными недостатками являются: недолговечность (контактные измерители диаметра имеют измерительные наконечники, касающиеся поверхности изоляции провода или кабеля, что со временем приводит к их истиранию); невозможность установки прибора после экструзионной машины (возникает проблема деформации изоляции трущимися частями прибора), неудовлетворительная погрешность измерения.

В ходе квалификационной работы был выбран теневой метод в параллельном пучке. Данный метод был выбран потому, что он является бесконтактным, что говорит о его надежности безопасности в процессе производства кабелей, также математические вычисления будут менее объемны, по сравнению с другими методами.

4 Расчет и проектирование устройства

4.1 Структурная схема

Структурная схема, разрабатываемой системы, приведена в приложении А.

На структурной схеме условно обозначены:

- ИП – источник питания
- ИИ – источник излучения
- ОИ – объект измерения
- ПИ – приёмник излучения
- МК – микроконтроллер
- ИНД – индикация
- СВЯЗЬ - приёмопередатчик данных

С микроконтроллера подаётся импульс начала преобразования на приёмник излучения и импульс включения источника излучения. Свет источника излучения проходит через объект измерения и засвечивает приёмник излучения. После засвечивания приёмник излучения выдает данные на микроконтроллер об объекте измерения и по завершении данных импульс окончания преобразования. Полученные данные обрабатываются микроконтроллером и отображаются на цифровых индикаторах. Через интерфейс связи информация о объекте измерения передаётся на внешний персональный компьютер.

4.2 Расчет и проектирование оптической системы

4.2.1 Источники излучения в измерителях диаметра

Лампы накаливания

Среди искусственных источников излучения, применяемых в ОЭП, первыми исторически были лампы накаливания. Массовость их распространения обусловлена относительно низкой стоимостью, удобством в обращении, неплохими эксплуатационными качествами, высокой надежностью, простотой в обслуживании, малыми первоначальными затратами при оборудовании осветительных установок. Также, безусловно, не последнюю роль играет большая промышленная номенклатура, возможность изменения энергетических параметров ламп путем изменения питающего напряжения .

ЛН можно разделить на несколько типов (рис.17).

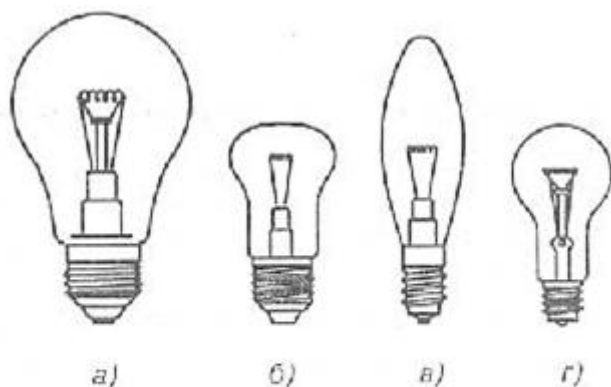


Рисунок 17 - Примеры исполнения стандартных ламп накаливания

а - газонаполненная; б - биспиральная; в - биспиральная криптоновая; г - зеркальная лампы.

Электрические лампы накаливания имеют обычно излучающий элемент в виде нити или спирали из вольфрама, который является селективным излучателем.

Для стабилизации параметров ламп накаливания перед установкой их в прибор рекомендуется производить «тренировку» (отжиг) лампы при

номинальных режимах в течение времени, которое составляет 5—10% общего срока службы[4].

Для увеличения светоотдачи и срока службы колбы некоторых ламп накаливания заполняют газообразными соединениями галогенов. Присутствие галогена заметно уменьшает осаждение распыленного вольфрама на внутренней поверхности колбы лампы, что снижает ее потемнение, а главное, высокое давление уменьшает скорость испарения вольфрама, что позволяет увеличить температуру тела накала и, следовательно, светоотдачу.

Лампы накаливания имеют ряд недостатков — небольшую световую отдачу, не всегда приемлемую цветопередачу, обычно невысокую продолжительность горения, большую тепловую инерционность тела накала, не позволяющую модулировать их излучение даже с относительно небольшой частотой питающего напряжения, и др.

Светоизлучающие диоды

Светодиоды (СД) - полупроводниковые приборы, генерирующие оптическое излучение при прохождении через них электрического тока. Основу светодиодов составляют *p-n* переходы, которые при прямом смещении могут испускать спонтанное излучение в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях электромагнитного спектра. При приложении к *p-n*-переходу напряжения в прямом направлении инжектируемые носители (электроны и дырки), попадая в область перехода, где они являются неосновными, рекомбинируют с основными носителями. Межзонные переходы почти всегда сопровождаются испусканием квантов с энергией, близкой к ширине запрещенной зоны, поэтому в некоторых полупроводниках прохождение тока сопровождается достаточно интенсивным свечением области *p-n*-перехода[5].

Таким образом, происходит преобразование электрической энергии в световую. Оно характеризуется отношением числа излучаемых в единицу времени квантов света к числу пересекающих *p-n* переход электронно-дырочных пар — внешним квантовым выходом излучения η_e , равным произведению внутреннего квантового выхода излучения η_i , на коэффициент инжекции пар в активную область γ и на коэффициент оптического вывода излучения во внешнюю среду η_o :

$$\eta_e = \gamma \eta_i \eta_o.$$

Светодиоды обладают довольно высоким КПД — коэффициентом преобразования мощности тока, проходящего через *p-n* переход, в видимое или инфракрасное излучение. При охлаждении светодиода до 77 К КПД достигает 50%. Основными материалами, используемыми в настоящее время для изготовления светодиодов, являются арсенид и фосфид галлия, тройные соединения типа GaInP или GaAsP, а так же гетероструктурные кристаллы нитрида галлия и ZnSe.

Типовая конструкция наиболее массовых СД показана на рисунке 18. Корпус 1 изготавливается из прозрачного материала (например, эпоксидной

смолы) с достаточно высоким коэффициентом преломления (как правило, 1.58). Корпус имеет сферическую или эллипсоидную поверхность, выполняющую роль линзы и формирующую излучение СД в заданном телесном угле. Сферические поверхности позволяют сконцентрировать излучение в угле от 15° до 120° , эллипсоидные - от 3° до 15° . Излучение генерируется кристаллом 2, который закреплён на кристаллодержателе 3.

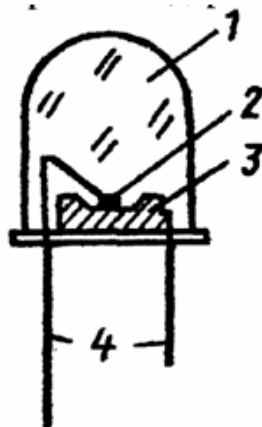


Рис.18. Типовая конструкция светодиода:

- 1-корпус-линза;
- 2-кристалл;
- 3-кристалло-держатель;
- 4-выводы.

Кристаллодержатель является одновременно и одним из электродов СД. Внутренние бортики кристаллодержателя имеют наклон около 45° и высоту до 0,5мм и служат внутренним отражателем, направляя боковое излучение кристалла вдоль оптической оси СД. Выводы 4 служат не только для подачи напряжения, но и для фиксации СД на монтажных платах. При повышенных механических нагрузках СД крепятся дополнительно за корпус. Типовые диаметры корпуса - 3, 5, 8 и 10 мм. Фокусировка излучения в необходимом телесном угле (конус $5 \div 45^\circ$) обеспечивается выпуклым пластмассовым колпачком (линзой) с заданным диаметром и показателем преломления. Для разных применений он может иметь как выпуклую, так и плоскую форму, быть прозрачным или матовым. Кристаллодержатель обеспечивает теплоотвод от

активной области СД, чтобы уменьшить ее нагрев и, соответственно, увеличить срок службы [6].

Все современные СД допускают работу в импульсном или проблесковом режиме с превышением импульсного тока над средним в 5-10 раз. Скважность импульсов при этом должна быть такой, чтобы средняя мощность, рассеиваемая на СД, не превышала предельно допустимую для конкретного типа СД. Однако из-за нелинейной зависимости потока излучения от тока импульсный режим с превышением тока более чем в 3 раза, малоэффективен.

Излучение СД нельзя считать строго монохроматичным, т.к. ширина полосы излучения по уровню 0.5 составляет 20-30 нм. Спектральное распределение излучения СД показано на рисунке 19. Кроме СД, излучающих в видимой области спектра, широко распространены СД с излучением в ближней ИК области (λ_{\max} от 800 до 1300 нм). Такие СД характеризуются силой излучения (от 50 до 250 мВт/страд), излучаемой мощностью (от 20 до 300 мВт), углом излучения (от 8° до 180°) инерционностью (десятки нс).

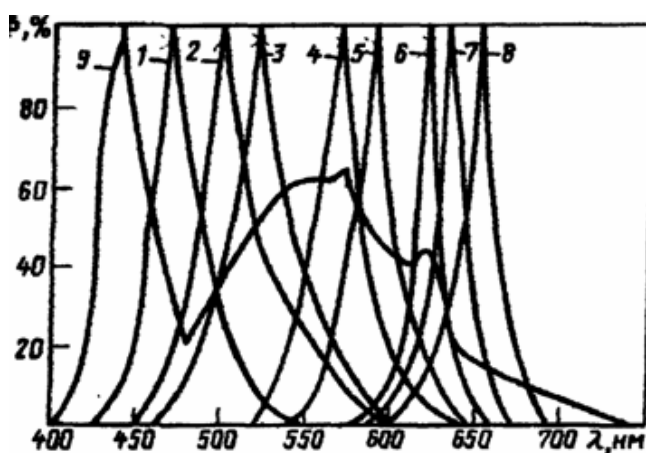


Рисунок. 19. Спектральное распределение энергии излучения светодиодов:

1 - синий, Ga N; 2 - голубой, Ga N; 3 -зеленый, Ga N; 4— желто-зеленый, Ga P; 5 - желтый, Al In GaP; 6- оранжевый, Al In Ga P; 7 - красно-оранжевый, Al In Ga P; 8 -красный, Al Ga As, 9 - белый, GaN с люминофором.

Основными параметрами светодиодов являются:

1. Основные светотехнические параметры (выходные параметры):

- осевая сила света (I_{\max});

- пространственное распределение излучения, которое описывается двойным углом расходимости излучения по уровню $0.5 \cdot I_{\max} (2\theta_{0.5})$;
- цветность излучения (длина волны излучения, λ_{\max});
- излучаемый поток (Φ);
- инерционность (τ);

2. Основные электрические параметры (входные параметры):

- прямой ток ($I_{\text{пр}}$);
- прямое падение напряжения ($U_{\text{пр}}$);
- допустимое обратное напряжение ($U_{\text{обр. max}}$).

Достоинствами светодиодов являются:

1. Надежность СД несоизмеримо выше, чем у остальных источников света.
2. Световая отдача СД значительно превышает световую отдачу ламп накаливания
3. В отличие от газоразрядных источников света, СД для запуска не требуется какая-либо дополнительная аппаратура. Возможно применение различных схематических соединений (как параллельное, так и последовательное) без стабилизирующих сопротивлений, что облегчает возможность их эксплуатации.
4. Излучение СД близко к монохроматическому, причем имеются высокоэффективные СД с излучением в областях красного, жёлтого и зелёного цветов применяемых в визуальной сигнализации. Длиной волны излучения светодиода можно управлять, изменяя состав его материала.
5. Высокая устойчивость СД к механическим воздействиям и их работоспособность в широком интервале температур (от -55° до $+100^{\circ}\text{C}$) позволяют использовать их на любых средствах транспорта.

К недостаткам СД можно отнести:

1. Высокие требования к качеству теплоотвода, поскольку температура оказывает критическое влияние на надежность. И как следствие невозможность работы при высоких (более $+100^{\circ}\text{C}$) температурах.
2. Относительно высокая цена.
3. Спектр светодиодной лампы отличается от солнечного.

Полупроводниковые лазеры

Лазеры представляют собой генераторы оптического излучения, обладающего высокой когерентностью в пространстве и во времени, исключительно узкой направленностью, огромной концентрацией мощности высокой степенью монохроматичности и способностью фокусироваться в малые объемы.

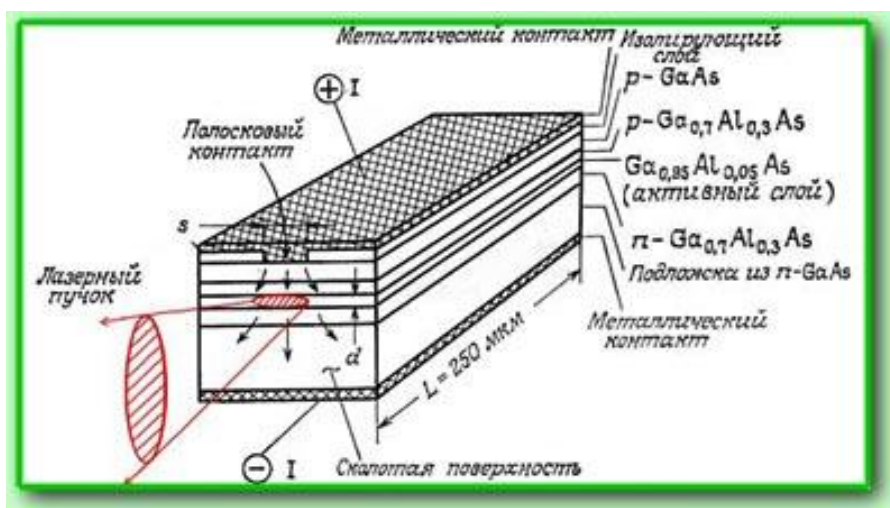


Рисунок 20 Принцип работы полупроводниковых лазеров

Полупроводниковые лазеры работают в широком спектральном диапазоне — от 0,33 до 31 мкм. Они могут работать как с охлаждением, при котором достигаются лучшие параметры и характеристики, так и без него — при температуре не выше 30- 40 градусов. Инжекционные лазеры работают в импульсном и непрерывном режимах.

Коэффициент полезного действия полупроводниковых охлаждаемых лазеров в импульсном режиме доходит до 50—80%, однако необходимость охлаждать кристалл до 77 и даже 4 К заметно усложняет конструкцию лазера и сокращает срок его службы.

Достоинствами полупроводниковых лазеров являются: большая мощность излучения в узконаправленном пучке, близость излучения лазера к точечному источнику, возможность высокочастотной модуляции, малые габаритные размеры.

К недостаткам можно отнести: малый срок службы от 500 до 1000 ч, высокую стоимость десятки, а то и в сотни раз превосходящую стоимость ламп

накаливания и светодиодов. Основным же их недостатком является то, что при воздействии повышенных температур мощностные характеристики лазера сильно меняются вплоть до полного срыва генерации. Это делает затруднительным их использование без принудительного охлаждения. Так же мощностные характеристики лазера меняются в течение срока службы, что приводит со временем к увеличению погрешности прибора.

Для нашей работы использование лазера более предпочтительно, так как этот источник наиболее приближён к точечному, что упрощает оптическую схему и процесс настройки и юстировки.

В качестве источника излучения выбираем полупроводниковый лазер LASER COMPONENTS ADL-80Y05TL(рисунок 21).



Рисунок 21. ADL-80Y05TL

Таблица 1 Технические характеристика лазера **ADL-80Y05TL**

Производитель	Laser Components
Тип диода	лазерный
Длина волны λ_d	804-809нм
Мощность	220мВт
Расходимость пучка	6/28
Корпус	TO18
Рабочий ток	260...300мА
Общий вывод	LDA=PDK
Высота	3.5мм
Монтаж	ТНТ
Рабочая температура	-10...50°C
Диаметр основания	5.6мм
Напряжение питания	1.9...2.2В DC
Цвет	инфракрасный

4.2.2 Выбор коллиматора

Коллиматором называют оптическую систему для получения параллельного пучка лучей. Коллиматор представляет собой цилиндрический корпус с объективом, в фокальной плоскости которого размещён точечный источник света (лазерный диод).

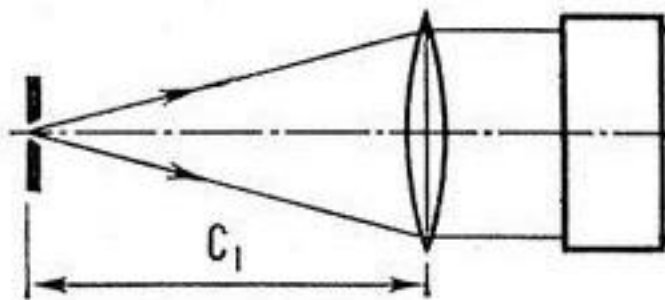


Рисунок 22 Схема коллиматора

По конструктивному оформлению объектив представляет собой линзу с переменным фокусным расстоянием. Для присоединения объективов к корпусу коллиматора используются резьбовое соединение [7].

В объектив устанавливается плоская выпуклая линза диаметром 33 мм (1.3") с фокусным расстоянием 65 мм.

4.2.3. Выбор многоэлементного приёмника

Многоэлементные координатные приемники имеют чувствительный слой, состоящий из нескольких отдельных элементов. С помощью многоэлементного приемника можно осуществлять просмотр углового поля оптической системы без механического сканирования, что упрощает конструкцию некоторых оптико-электронных приборов.

К многоэлементным приемникам оптического излучения можно отнести одномерные и двумерные мозаичные приемники, отдельные виды передающих телевизионных трубок, их твердотельные аналоги, например ПЗС.

Применение *многоэлементных одномерных приемников* позволяет производить сканирование пространства только по одной координате, что упрощает управление оптической системой, в сравнении с ОЭУ, использующих одноэлементные приемники излучения.

Оптическое изображение создает в разделенном на отдельные элементы чувствительном слое приемника пространственный рельеф зарядов или сопротивлений. При считывании электронным способом этого заряда в цепи приемника формируется сигнал, состоящий из импульсов, амплитуда которых пропорциональна освещенности в отдельных точках мозаики или матрицы. Применению этих приемников препятствуют помехи на изображении, вызванные большой емкостью считывающих шин и разбросом ее значений для различных участков матрицы[8].

ПЗС это двумерные матрицы основой которых является конденсатор со структурой металл - оксид-полупроводник (рис. 21).

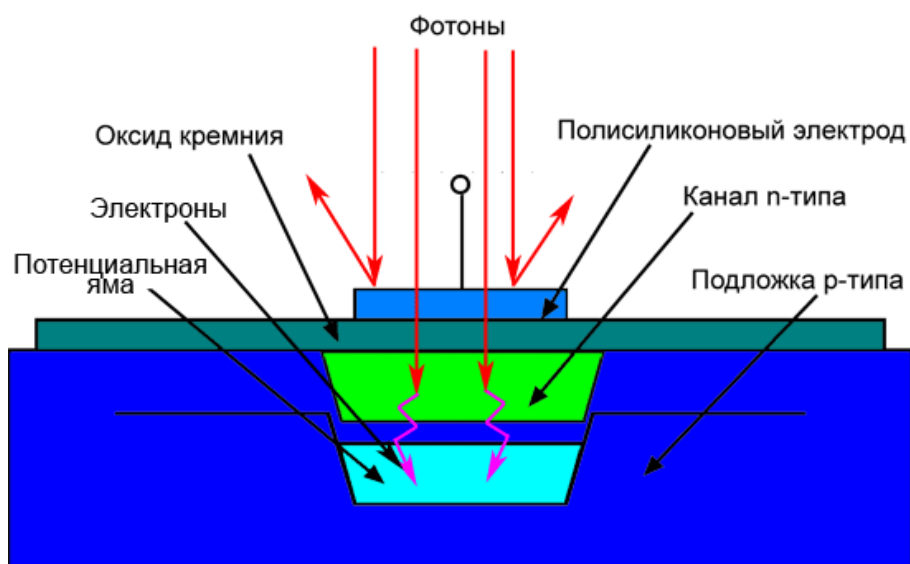


Рисунок 23 Упрощенная схема структуры ПЗС

К достоинствам ПЗС - линеек и матриц как приемников, относится высокое разрешение.

Основными недостатками с точки зрения приема оптического излучения является геометрический шум – неоднородность темнового тока и чувствительности отдельных элементов матрицы *ПЗС*, достигающая единиц и даже десятков процентов.

Приемники на *ПЗС* успешно **используются** для создания анализаторов, определяющих координат малоразмерных изображений. Для них можно применить ряд специальных алгоритмов обработки сигналов и получить высокую точность измерений, характеризуемую погрешностями в десятые и даже сотые доли размера одного элемента[8].

Если к электродам 1 приложено отрицательное напряжение, то под этими электродами образуются обедненные электронами области, которые представляет собой потенциальные ямы для дырок. При освещении такой структуры светом образовавшиеся фотодырки накапливаются в потенциальных ямах, причем величина их зарядов пропорциональна облученности окрестности соответствующих электродов. Заряды неравновесных фотодырок хранятся достаточно долго, пока рекомбинационные процессы не приведут к их исчезновению (стиранию информации).

При подаче на электроды 2 более отрицательного напряжения, чем на электродах 1 ($U_2 = U_{си} > U_{хр}$) под этими электродами образуется более глубокая потенциальная яма, и фотодырки перемещаются под электроды 2. Затем напряжение на электродах 1 убирается, а на электродах 2 снижается до $U_{хр}$. Таким образом, заряд фотодырок сдвигается на один шаг вправо. Затем $U_{си}$ подается на электроды 3 и т.д. В результате все заряды фотодырок, в соответствии с тактовой частотой, последовательно подходят к выходному $p-n$ переходу и в нем преобразуются в фототок.

Если быстро выводить все заряды после некоторой паузы, в течение которой формируется зарядовая картина освещенности ПЗС, то на выходе будет формироваться последовательность видеоимпульсов, отображающих интенсивность засвета каждого участка ПЗС.

Таким образом, ПЗС – это динамические приборы, так как в статике за счет рекомбинации и генерации носителей в полупроводнике происходит уничтожение зарядовой картины освещенности. Минимальная тактовая частота ПЗС составляет сотни Гц. Накопление, хранение и передача оптической информации в ПЗС обеспечивается одними и теми же элементами. Это обуславливает простоту и низкую стоимость изготовления многоэлементных приемников. На одном кристалле можно получить до 10^5 элементов.

Основные области применения ПЗС: оптические запоминающие устройства; твердотельные формирователи телевизионных видеосигналов; схемы задержки аналоговых сигналов.

В разрабатываемом приборе мы будем использовать TCD1304 фирмы «TOSHIBA», данный ПЗС приемник обладает высокой чувствительностью, низким током потребления и высокой функциональностью.

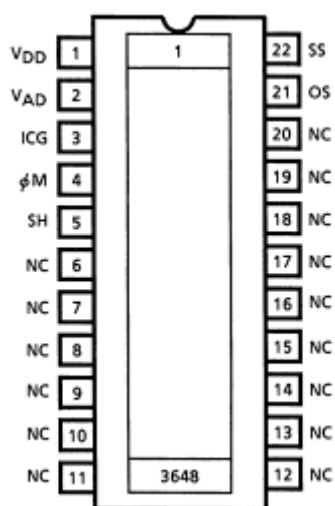


Рисунок 24. TCD1304

Данный ПЗС приемник обладает следующими основными характеристиками:

- Количество пикселей: 3648
- Размер пикселя: 8 мкм × 200 мкм
- Внутренняя цепь: CCD Drive Circuit
- Источник питания: Только 3.0V Drive (MIN.)
- Функция: Электронный затвор
- Количество Pin : 22 Pin

Для подключения предлагается схема представленная на рисунке 24.

4.3 Электрическая схема прибора и её элементная база.

4.3.1 Выбор микроконтроллеров

В связи с тем, что в данном приборе очень важна скорость обработки информации, применим связку микроконтроллеров для увеличения производительности. В качестве главного микроконтроллера выберем ATmega 161, который будет заниматься только итоговой обработкой информации и выработкой команд.

Технические характеристики ATmega 161:

- Высокопроизводительный, 8-ми разрядный AVR® микроконтроллер с низким уровнем энергопотребления
- Усовершенствованная RISC архитектура:
 - 130 мощных инструкций - большинство выполняются за один такт
 - 32 x 8 рабочих регистров общего назначения + регистры управления периферией
 - Полностью статическое функционирование
 - Производительность, вплоть до 8 MIPS при 8 МГц
 - Встроенный 2-х тактный умножитель
- Память данных и программного кода:
 - 16 Кбайт Flash- энергонезависимая программная память с поддержкой внутрисистемного программирования, ресурс: 1000 циклов запись/стирание
 - Опционная память загрузчика кода с независимыми разрядами блокировки, авто-программирование разделов памяти программного кода и данных
- 512 байт энергонезависимой памяти EEPROM с поддержкой внутрисистемного программирования, ресурс: 100 000 циклов записи/стирания
- 1 Кбайт встроенной SRAM

- Программируемая блокировка для безопасности содержимого Flash и EEPROM
- Периферия:
 - Два 8-ми разрядных таймера/ счетчика с отдельным предварительным делителем частоты и ШИМ
 - Расширенная система с 16-ти разрядным таймером/ счетчиком с отдельным предварительным делителем частоты режимами сравнения и захвата, а также с 8-ми, 9-ти и 10-ти разрядным ШИМ
 - Двухканальный программируемый последовательный UART
 - Ведущий/ ведомый SPI- последовательный интерфейс
 - Контроллер реального времени (RTC) с выделенным тактовым генератором
 - Программируемый следящий таймер с встроенным генератором
 - Встроенный аналоговый компаратор
 - Специализированные функции микроконтроллера:
 - Функции инициализации при включении питания и определение аварийного отключения питания
 - Внешние и внутренние источники прерывания
 - Режимы пониженного энергопотребления:
 - Покоя (Idle), экономичный (Power Save) и отключения (Power Down)
- Функции I/O и корпус:
 - 35 программируемых линий I/O, 8 выходных линий, 8 входных линий
 - корпус 40-pin PDIP, 44-pin PLCC и TQFP
- Напряжение питания:
 - От 2.7 В до 5.5 В (ATmega161L), от 4.0 В до 5.5 В (ATmega161)
- Диапазон тактовых частот:
 - От 0 до 4 МГц (ATmega161L)
 - От 0 до 8 МГц (ATmega161)

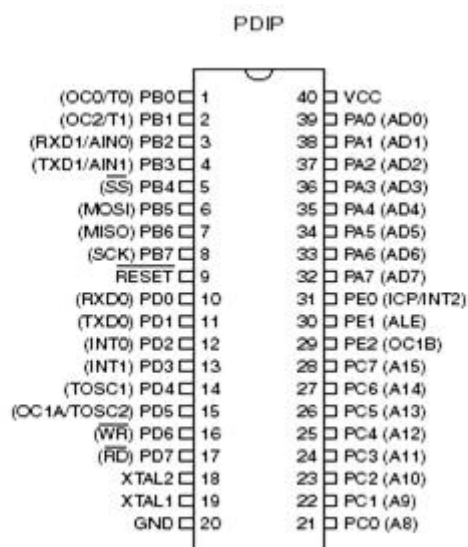


Рисунок 26. Схема выводов микроконтроллера ATmega 161

Для увеличения скорости обработки информации применим второй микроконтроллер, который будет выполнять непосредственно обработку данных с ПЗС приемника и передачу их далее в цифровом виде. В качестве второго микроконтроллера выберем ATmega 8.

Технические характеристики ATmega 8:

- 8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым потреблением.
- Прогрессивная RISC архитектура.
- 130 высокопроизводительных команд, большинство команд выполняется за один тактовый цикл.
- 32 8-разрядных рабочих регистра общего назначения Полностью статическая работа
- Приближающаяся к 16 MIPS (при тактовой частоте 16 МГц) производительность
- Встроенный 2-цикловый перемножитель
- Энергонезависимая память программ и данных
- 8 Кбайт внутрисистемно программируемой Flash памяти (In-System Self-Programmable Flash)
- Обеспечивает 1000 циклов стирания/записи

- Дополнительный сектор загрузочных кодов с независимыми битами блокировки
- Обеспечен режим одновременного чтения/записи (Read-While-Write)
- 512 байт EEPROM
- Обеспечивает 100000 циклов стирания/записи
- 1 Кбайт встроенной SRAM
- Программируемая блокировка, обеспечивающая защиту программных средств пользователя
- Встроенная периферия
- Два 8-разрядных таймера/счетчика с отдельным предварительным делителем, один с режимом сравнения
- Один 16-разрядный таймер/счетчик с отдельным предварительным делителем и режимами захвата и сравнения
- Счетчик реального времени с отдельным генератором
- Три канала PWM
- 8-канальный аналого-цифровой преобразователь (в корпусах TQFP и MLF)
- 6 каналов с 10-разрядной точностью
- 2 канала с 8-разрядной точностью
- 6-канальный аналого-цифровой преобразователь (в корпусе PDIP)
- 4 канала с 10-разрядной точностью
- 2 канала с 8-разрядной точностью

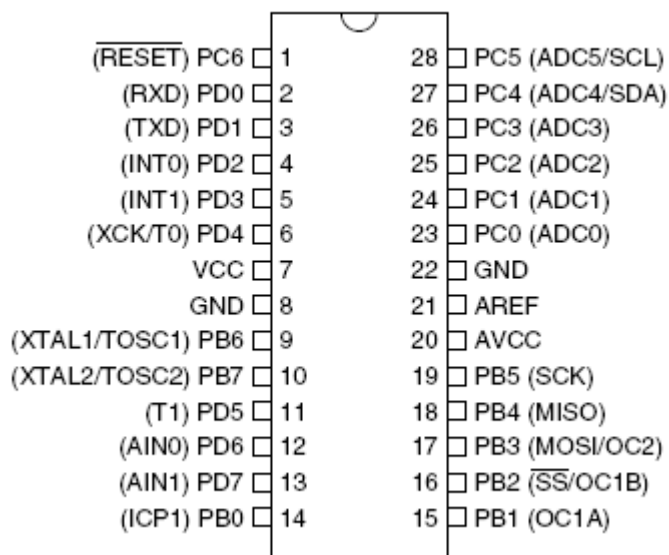


Рисунок 27 Схема выводов микроконтроллера ATmega 8

Данные микроконтроллеры очень зависимы от перепадов напряжения, при резком перепаде или отключении напряжения возможна потеря данных. Поэтому необходимо установить монитор питания для отслеживания состояния сети и формирования сигнала сброса. Принцип действия этих приборов следующий: в момент включения системы устройство тестирует величину напряжения питания и выдает сигнал сброса только тогда, когда напряжение питания достигает своей номинальной величины. Также данные микросхемы обладают рядом дополнительных полезных функций:

- Сторожевой таймер (СТ)- функция, позволяющая микросхеме отслеживать активность микропроцессора и в случае отсутствия таковой (микропроцессор <завис>) производить принудительный сброс.
- Переключение на батарею (ПБ) - функция, позволяющая микросхеме в случае отказа основного источника питания запитать слаботочные цепи микропроцессора (ОЗУ) от внешней резервной батареи.
- Кнопка сброса (КС) - функция, позволяющая производить ручной сброс микропроцессора.

В качестве монитора питания в нашем приборе выберем КР1171СП42, который полностью подходит под заданные условия.

Технические характеристики КР1171СП42:

- Упорог, В.....4,0...4,4
- Тип сигнала RESET.....0,3...20
- Iпотр, мА<0,02
- Траб., °С.....-40...+85
- Корпус..... TO92

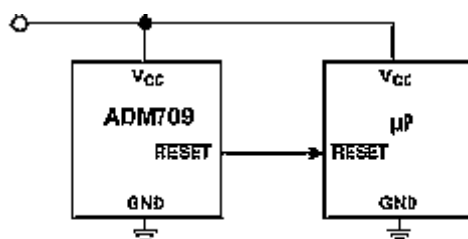


Рисунок 28. примерная схема подключения КР1171СП42

4.3.2 Выбор компаратора

В качестве компаратора выберем LM393, который подходит под наши условия эксплуатации.

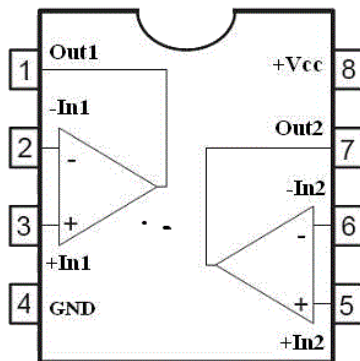


Рисунок 29 Расположение выводов компаратора LM393

Технические характеристики LM393:

- Напряжение питания, $V + 36V$
- Дифференциальный Входное напряжение $36V$
- Входное напряжение $-0.3V$ до $+ 36V$
- Входной ток ($V_{IN} < -0.3V$) 50 мА
- Рассеиваемая мощность:
 - Вагонка DIP 780 мВт
 - Металл может 660 мВт
- Малогабаритный пакет 510 мВт
- микро SMD Package 568 мВт
- Диапазон рабочих температур от 0°C до $+ 70^\circ\text{C}$

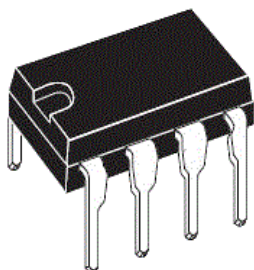


Рисунок 30 Внешний вид компаратора LM393

4.3.3 Выбор индикации

Для индикации используется семисегментный индикатор GNQ-5641AE.

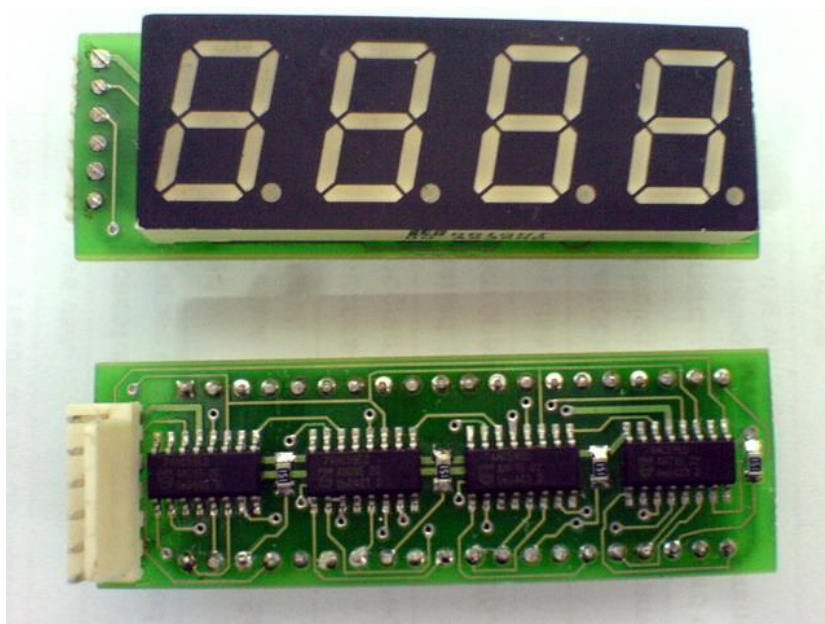


Рисунок 31 Семисегментный индикатор GNQ-5641AE.

Это четырёхразрядный индикатор с общим катодом. Размер знака 0,56 дюймов, что составляет 14,20 мм. Прямой ток 20 мА.

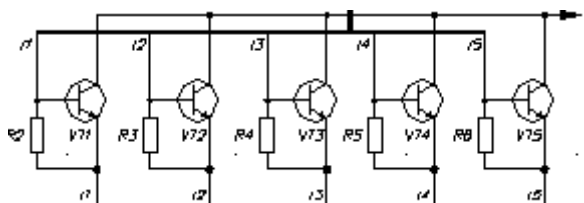


Рисунок 32 Для включения индикатора в динамическом режиме используется преобразователь кода КР514ИД1, набор ограничивающих ток резисторов и четыре транзистора, по одному на каждый разряд индикации.

4.3.4 Организация связи прибора с компьютером

Для организации связи прибора с компьютером используем приемопередатчик MAX3082, который будет осуществлять обмен данными через интерфейс RS-485.

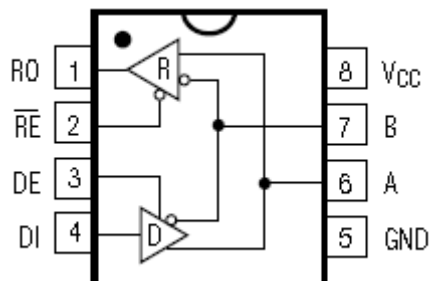


Рисунок 33 Схема выводов MAX3082

Технические характеристики MAX3082:

- Специальное Входное напряжение:
- (, SRL, TXP, RXP) - 0.3V до (VCC + 0.3V).
- Драйвер входного напряжения (DI) - 0.3V до (VCC + 0.3V)
- Драйвер вывода напряжения (A, B, Y, Z) $\pm 13V$
- Приемник Входное напряжение (A, B) $\pm 13V$
- Приемник Входное напряжение, полный дуплекс (A, B) $\pm 25V$
- Выходное напряжение приемника (RO) -0.3V к (VCC + 0.3V)
- Непрерывная рассеиваемая мощность.
- 8-контактный пластиковый DIP (9:09 снижения номинальных мВт / °C выше + 70 °C) ... 727mW.
- 8-контактный разъем SO (снижения номинальных 5.88mW / °C выше + 70 °C) 471mW.
- 14-контактный пластиковый DIP (уменьшайте 10,0 мВт / °C выше + 70 °C) .. 800mW

- 14-контактный разъем SO (8:33 снижения номинальных мВт / °C выше + 70 °C) 667mW
- Заданные диапазоны рабочих температур
- MAX308_C 0,0 °C до 70 °C +
- MAX308_E - 40 °C до + 85 °C
- Диапазон температур хранения - 65 °C до + 150 °C
- Свинец температуры (пайка, 10s) + 300 °C

5. Конструкторско-технологическая часть

5.1 Конструкция и технология изготовления печатной платы

Электронный блок содержит печатную плату (ПП), на которой выполнен монтаж элементов принципиальной схемы. Конструкция печатной платы была разработана с помощью пакета автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD 2002. Чертеж печатной платы представлен в приложении Б.

При изготовлении, к ПП предъявляются следующие требования:

- поверхность ПП не должна иметь пузырей, вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, снижающих электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания ПП должен быть таким, чтобы при обработке (сверление, штамповка, распиловка), не образовывались трещины, отслоения и другие неблагоприятные явления, влияющие на эксплуатационные свойства, а также на электрические параметры плат;

- ширина печатных проводников и расстояние между ними устанавливаются требованиями чертежа. Печатные проводники должны быть с ровными краями. Цвет медного проводника может быть от светло-розового до темно-розового. На печатных проводниках недопустимы механические повреждения.

- толщина ПП в соответствии с международными требованиями выбирается из: 0,2; 0,5; 0,8; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 6,4 мм.

Величина допуска на толщину платы определяется чертежом. Прочность сцепления печатных проводников с основанием ПП определяет качество и надёжность печатной схемы. Печатные платы, предназначенные для установки радиоэлементов с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и т.п.), должны выдерживать не менее 5 одиночных перепаек, а предназначенные для установки многовыводных элементов (микросхемы и разъёмы) - не менее 3 перепаек. Устойчивость при механических воздействиях и прочность ПП обеспечивается конструкцией блока.

При конструировании ПП необходимо: выбрать тип печатной платы; определить класс точности; установить габаритные размеры и конфигурацию; выбрать материал основания для печатной платы; разместить навесные элементы; определить размеры элементов рисунка, разместить их на плате и осуществить трассировку и обеспечить автоматизацию процессов изготовления и контроля платы и процесса сбора, оформить конструкторскую документацию.

Печатная плата является двусторонней и относится к третьему классу точности печатных плат (ГОСТ 23751). Печатная плата разработана с помощью пакета автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD 2002.

Согласно ГОСТ 10317 размер каждой стороны ПП должны быть кратными: 2.5 при длине до 100 мм; 5.0 - 350 мм; 10.0 - более 350 мм. Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Рекомендуется разрабатывать печатные платы с соотношением сторон не более 3:1. Разработанная плата с размерами 185x75 мм удовлетворяет описанным требованиям. Толщина печатной платы - 2мм - определяется исходным материалом, используемой элементной базой и воздействующими механическими нагрузками.

Материалом для изготовления ПП служит стеклотекстолит марки СФ-2-35Г-2 ГОСТ 12652. В качестве проводника используется электротехническая медь со степенью чистоты 99,5 % и предельным удлинением 5...6 % толщиной 35 мкм ($\pm 10\%$).

Механическая сборка с навесными элементами и проводниками и пайка электрических соединений составляют технологический процесс монтажа печатных плат. Механическая сборка включает в себя подготовку выводов элементов, установку и механическое закрепление их в монтажных отверстиях печатной платы.

Пайка электрических соединений на плате обеспечивает достаточное механическое крепление элементов и хорошее электрическое соединение выводов элементов с проводниками плат. Пайка печатной платы производится

припоем ПОС-61 с применением бескислотного канифольно-спиртового флюса вручную с помощью паяльника.

Печатная плата фиксируется горизонтально с помощью винтов ГОСТ 17473 на фронтальных держателях. Держатели из диэлектрического материала – полистирол. Разъёмы крепятся на ПП при помощи пайки.

В целом, конструкция электронного блока отвечает конструктивно-технологическим требованиям, эксплуатационным и экономическим требованиям, оптимальное сочетание которых обеспечивает важнейшие характеристики устройства: надёжность, быструю сборку и разборку, доступность к элементам схемы, удобство обслуживания, хорошую ремонтпригодность. Потому, при его эксплуатации оператору не требуется специальной подготовки, достаточно изучение инструкций и правил техники безопасности. Алгоритм работы представлен в приложении В.

5.2 Конструкция и технология изготовления корпуса прибора

Корпус представляет прямоугольную коробку плоскую с боков. Сверху сделан сквозной вырез, где располагается оптическая часть прибора, его рабочая зона и куда заводится измеряемый кабель.

Оптическая схема прибора крепится на жесткой алюминиевой раме, для того чтобы при частичной разборке прибора и при отладке его внутренних электронных устройств оптическая часть прибора оставалась нетронутой. Все внутренние поверхности оптических тубусов покрыты чернением, что исключает попадание бликов на фотоприёмник. После отладки и настройки оптической системы прибор закрывается боковыми крышками.

Общий вид прибора приведен в приложении Г. Чертеж корпуса приведен в приложении Д.

6. Расчет надежности

Надежность - одно из важнейших свойств изделий, в том числе электронных измерительных устройств, определяющее их эксплуатационную пригодность. Показатели надежности являются основными техническими параметрами изделия наряду с точностью, массогабаритными характеристиками и т.д. Техническое задание на разработку любого измерительного устройства должно обязательно содержать раздел с требованиями по надежности.

Согласно ГОСТ 27.002-89 под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Отметим, что признаки, по которым оценивается надежность любого технического устройства, называются критериями. К основным критериям надежности относятся:

- Безотказность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.
- Долговечность - это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.
- Ремонтопригодность - это свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения их последствий путем проведения профилактических и капитальных ремонтов и технического обслуживания.
- Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующие способность объекта выполнять требуемые функции в течение использования, после хранения и транспортировки.

Важно отметить, что понятие надежности для любого технического устройства связано с отказами.

Отказ – это событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта.

При этом под работоспособностью понимается такое состояние изделия или устройства, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

В настоящее время существуют различные варианты классификации отказов. Отказы для радиоэлектронных устройств можно классифицировать:

1. по характеру возникновения отказа: внезапные и постепенные;
2. по времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
3. по характеру проявления отказа: явный и неявный;
4. по зависимости отказов между собой: зависимый и независимый;
5. по причине возникновения отказа: конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный.

Важно отметить, что надежность является комплексным свойством любого технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев, которые получили название показателей надежности. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2 Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ

Ремонтопригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления -среднее время восстановления
Безотказность и ремонтпригодность	-коэффициент готовности -коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами -средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

Необходимо отметить, что на надежность любого технического устройства влияют многочисленные факторы, имеющие место на этапах его проектирования, производства и эксплуатации. Соответственно различают:

- 1.Расчетную надежность;
- 2.Производственную надежность;
- 3.Эксплуатационную надежность.

Следует заметить, что в идеальном случае значения расчетной, производственной и эксплуатационной надежностей должны совпадать.

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Основным показателем безотказности изделия - вероятность безотказной работы $P(\tau)$. Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ - это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки τ и изменяющаяся в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, когда приработка изделия завершена и производственные дефекты,

если такие выявились, устранены, а износ еще не наступил, то вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i; \tau)\right),$$

где λ_i - интенсивность отказа i – элемента,

m – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы уменьшается со временем по экспоненциальному закону от значения 1. При этом интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i.$$

А среднее время наработки до отказа есть величина обратная интенсивности отказа.

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы (устройства) с учетом условий эксплуатации устройства можно определить по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_n),$$

где λ_{0i} - номинальная интенсивность отказа i -го элемента или компонента;

$K1, K2$ - поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов;

$K3$ - поправочный коэффициент на воздействие влажности;

$K4$ - поправочный коэффициент на давление воздуха;

$a_i(t_k, K_n)$ - поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента (t_k) и коэффициента электрической нагрузки (K_n).

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов λ_{0i} берутся из условий на данный компонент или из справочников. В таблице 3 приведены значения номинальной интенсивности отказов для некоторых типов элементов.

Таблица 3 Значения номинальной интенсивности отказов

Наименование элемента	$\lambda_{\text{ср}} \cdot 10^{-6}, 1/\text{час}$
Конденсаторы керамические	0,15
Резисторы прецизионные	0,0125
Конденсаторы керамические	0,2
Интегральные микросхемы	0,01
Выключатель	3,9
Плавкая вставка	7,2

В таблице 4 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов K_1 и K_2 , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 4 Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация k_1	Ударные нагрузки k_2	Суммарное воздействие k_{Σ}
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07
Корабельные	1,3	1,05	1,37
Автофургонные	1,35	1,08	1,46
Железнодорожные	1,4	1,1	1,54
Самолетные	1,46	1,13	1,65

В таблице 5 приведены значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние влажности.

Таблица 5 Поправочный коэффициент на воздействие влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент k_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

В таблице 6 приведены значения поправочного коэффициента K_4 , учитывающего влияние атмосферного давления.

Таблица 6 Коэффициент влияния атмосферного давления

Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4	Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4
0,1...1,3	1,45	32,0...42,0	1,2
1,3...2,4	1,40	42,0...50,0	1,16
2,4...4,4	1,36	50,0...65,0	1,14
4,4...12,0	1,35	65,0...80,0	1,1
12,0...24,0	1,3	80,0...100,0	1,0
24,0...32,0	1,25		

Коэффициенты электрической нагрузки K_n компонентов определяются отношением значения контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) рассматриваемого компонента к максимально возможному (допустимому) по техническим условиям значению этого параметра. Отметим, что в качестве контролируемого параметра для конкретного компонента устройства выбирается тот, от которого в наибольшей степени зависит надежность данного компонента. Контролируемые параметры и формулы вычисления коэффициентов нагрузки для основных видов элементов приведены в таблице 7.

Таблица 7 Коэффициенты нагрузки компонентов

Компоненты	Контролируемые параметры	Коэффициент нагрузки K_H
Микросхемы	Входной ток микросхем, включенных на выходе, $I_{вхi}$ Максимальный выходной ток $I_{вых\ max}$ Число нагруженных входов n	$\frac{\sum_{i=1}^n I_{вхi}}{I_{вых\ max}}$
Транзисторы	Мощность, рассеиваемая на коллекторе, P_K	$P_K / P_{K\ доп}$
Полупроводниковые диоды	Обратное напряжение U_o	$U_o / U_{o\ доп}$
Конденсаторы	Напряжение на обкладках U	$U / U_{доп}$
Резисторы	Рассеиваемая мощность P	$P / P_{доп}$
Трансформаторы	Ток нагрузки I_H	$I_H / I_{H\ доп}$
Электрические соединители	Ток I_K	$I_K / I_{K\ доп}$

Для аналоговых и цифровых микросхем принимаем $K_H=1$. Карта режимов работы элементов приведена в таблице 8.

Таблица 8 Карта режимов работы элементов

Обозначение элементов	Номинальное значение параметра	Рабочее значение параметра	Уровень нагрузки U_H	Коэффициент нагрузки K_H
1	2	3	4	5
Конденсаторы керамические				
C1,C2	50B	5B	0,1	1
Конденсаторы с оксидным диэлектриком				
C3- C4-C5	63B	5B	0,07	1

Резисторы				
R1-R6,	0,125 Вт	0,05 Вт	0,4	1,5
R7	0,125 Вт	0,05 Вт	0,4	1,5
R8	0,125Вт	0,05 Вт	0,4	1,5
Транзисторы				
VT1-VT5	0,5	0,05	0,1	1
Микросхемы цифровые				
DD1-DD4				1
Индикатор				
HG1				1

При определении поправочного коэффициента, необходимо соблюдать следующее отношение температур:

$$t_c < t_{ky} < t_{cp} \leq t_{ki},$$

где t_c – температура окружающей среды, t_{ky} – температура корпуса устройства, t_{cp} – температура воздуха внутри устройства, t_{ki} – температура поверхности корпуса электронного i -го компонента.

Значения коэффициентов определяем по графикам.

Результаты расчета надежности устройства представлены в таблице 9.

Таблица 9 Суммарная интенсивность отказов

Обозначение элементов	Кол-во элементов	Коэффициент нагрузки K_H	Интенсивность отказов $\lambda_i \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$	Суммарная интенсивность отказов $\lambda_c \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$
C1,C2	2	1	0,04	0,08
C3- C4,C5	3	3	0,04	0,36
R1-R8	8	1,5	0,015	0,18
VT1-VT5	5	1	0,05	0,25
DD1-DD3	3	1	0,05	0,15

DA1	1	1	0,01	0,01
Разъемы X1-X2	2	1	0,05	0,1
Паяные соединения	180	1	0,001	0,18
Итого				1,31

Следовательно, среднее время безотказной работы:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{1,31 \times 10^{-5} \text{ ч.}^{-1}} = 76336 \text{ (часов).}$$

Получаем вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов:

$$P(t) = P_c = e^{-\frac{1000}{76336}} = 0,99$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности

7 Определение погрешности измерения

Осуществление заданных параметров, законов движения и других характеристик с абсолютной точностью возможно лишь теоретически, т. е. в идеальных механизмах. В реальных механизмах невозможно избежать различного рода отклонений от идеального случая. Разница между реальным (действительным) значением рассматриваемого параметра и его идеальным значением составляет погрешность механизма по этому параметру. Полная (суммарная) погрешность механизма, сборочной единицы или прибора состоит из многих отдельных, так называемых частичных, погрешностей. Частичные погрешности более высокого ранга, например, погрешность отсчета, представляют собой сумму более мелких частичных погрешностей.

Все погрешности независимо от причин и характера их возникновения можно подразделить на две основных категории: систематические и случайные.

Большинство погрешностей изменяют свои значения около нуля в определенных небольших пределах. Они могут иметь любое случайное значение в рамках этого предела (нуль, максимальное положительное или отрицательное), причем установить заранее конкретное значение таких погрешностей для определенного момента работы прибора не представляется возможным. Такие погрешности называются случайными. Средние значения случайных погрешностей мало отличаются от нуля.

Систематическими погрешностями называются такие, которые обязательно возникают при данных условиях. Действие этих погрешностей носит вполне определенный систематический характер, определенным условиям соответствует определенное значение систематической погрешности (абсолютная величина и знак). Систематические погрешности подразделяют на постоянные и переменные. Постоянные систематические погрешности в процессе работы прибора сохраняют свою величину и знак (например, погрешность в длине мерной ленты, погрешность в размере шкалы и т. п.). Переменные систематические погрешности в процессе работы механизмов прибора изменяются по определенному закону (например, погрешность

эксцентриситета изменяется по периодическому закону). Основными погрешностями оптико-механических и оптико-электрических приборов являются:

1) теоретические погрешности прибора, т. е. погрешности, не зависящие от качества изготовления прибора: а) отступления от строгого математического решения задачи прибором (допущения в формулах, решаемых контроллером), принятые с целью упрощения конструкции (эти погрешности, как правило, являются систематическими); б) погрешности оптических систем, связанные с теоретическими возможностями их расчета (например, расчетные значения аббераций); в) погрешности входных данных;

2) первичные погрешности — погрешности размеров, формы и положения деталей, возникающие при изготовлении и работе прибора. Первичные погрешности механизмов, оказывающие наибольшее влияние на их точность, подразделяют на следующие виды:

а) технологические первичные погрешности, представляющие собой производственные погрешности изготовления деталей (погрешности размеров, расположения и формы рабочих поверхностей) и погрешности сборки; характер проявления этих погрешностей случайный;

б) силовые деформации деталей от сил тяжести, внешних (нагрузочных) сил, сил трения и т. п. По характеру проявления эти погрешности относятся к систематическим;

в) температурные деформации деталей; изменение размеров деталей при изменении температуры по сравнению с исходной (плюс 20 °С) приводит к погрешностям, принимаемым в расчет как систематические;

г) влияние колебаний и вибраций в процессе работы; причинами колебаний и вибраций могут быть внешние условия, неуравновешенность вращающихся частей и деталей, зазоры и трение в кинематических парах, недостаточная жесткость несущих элементов, отсутствие или несовершенство амортизирующих устройств и т. п. Первичные погрешности, возникающие в процессе работы прибора, называют эксплуатационными; к ним относятся

силовые и температурные деформации, влияние сил трения, износ, влияние колебаний и вибраций;

Это обстоятельство должно особо учитываться при выполнении расчетов на точность, в результате которых должны быть не только выявлены закономерности действия систематических погрешностей, но и намечены меры по устранению или существенному уменьшению их влияния на результаты измерений.

Уменьшение влияния систематических погрешностей может быть достигнуто принятием следующих основных мер:

1) технологических (повышение точности изготовления деталей и сборки, ужесточение допусков, совершенствование технологического процесса);

2) конструктивных:

а) изменение конструкции (изменение размеров, целесообразный выбор материалов и т. п.);

б) введение компенсаторов;

3) методических:

а) выбор методики измерений (и соответственно конструктивной схемы) с целью превращения постоянной погрешности в знакопеременную или случайную;

б) введение поправок.

Самыми рациональными и эффективными являются конструктивно-методические меры, так как технологические меры приводят лишь к частичному уменьшению, а не к устранению систематических погрешностей при неизбежных дополнительных производственных затратах.

Погрешность проектируемого измерительного прибора определяется погрешностью первичного преобразователя (разрешающей способностью ПЗС линейки) и количеством отображаемых знаков на индикаторе. Погрешность ПЗС линейки определяется ее разрешающей способностью, т. е. размером ее ячейки [13].

8.Социальная ответственность.

Введение

Данная дипломная работа является научно-исследовательской, поэтому в разделе социальная ответственность может быть описано рабочее место оператора ПК

На всех этапах производственной деятельности человека важно снизить не только риск производственных травм и профессиональных заболеваний, но и распределить работу так, чтобы она не была тяжелой, утомительной и однообразной.

В процессе выполнения дипломной работы был произведен анализ выходных характеристик измерительных преобразователей линейных размеров.

В работе рассматривается аудитория №406 , находящаяся на четвертом этаже 18 корпуса ТПУ. В данной аудитории расположено пять ПК с ЖК мониторами; габариты помещения: 8х6х4м. Стены оклеены матовыми обоями светло-бежевых тонов, потолки белые. Имеются два оконных проема размером 1,6х2,2 м; общая площадь оконных проемов равна 7,04 м².

8.1. Техногенная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов производственной среды

В соответствии с ГОСТ 12.0.003 опасные и вредные факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизические.

Операторы ПК могут столкнуться с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, как повышенный уровень шума, повышенная температура внешней среды, отсутствие или недостаток внешнего света, отклоняющиеся условия микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, электрический ток, статическое электричество и др. На санитарно-гигиенические условия труда, производительность работающих влияет цветовое оформление помещений предприятия. Окраска помещения влияет на нервную систему человека, его настроение, поэтому рекомендуется выбирать спокойную окраску для визуального восприятия.

Вредными факторами для работы в помещении являются: электромагнитное поле; электростатическое поле; монитора; шум на рабочих местах.

Электромагнитное поле

Электромагнитное поле создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части электронно-лучевой трубки монитора компьютера. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Биологическое воздействие зависит от длины волны, интенсивности, продолжительности и режимов воздействия, размеров, анатомического строения органа, подвергающегося воздействию электромагнитного полях[18].

Тепловое воздействие электромагнитного поля характеризуется повышением температуры тела, локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитного поля в тепловую энергию. Интенсивность нагрева зависит от количества поглощенной энергии и

скорости оттока тепла от облучаемых участков тела. Отток тепла затруднен в органах и тканях с плохим кровообращением. К ним, в первую очередь, относят хрусталик глаза. Подвержены тепловому облучению электромагнитного поля и паренхиматозные органы (печень, поджелудочная железа) и полые органы, содержащие жидкость (мочевой пузырь, желудок). Нагревание их может вызвать обострение хронических заболеваний (язв, кровотечений, перфораций). Однако, в рассматриваемой нами лаборатории электромагнитное поле не очень сильное (всего 5 компьютеров), излучение магнитных катушек отклоняющей системы маломощное. Используемые мониторы отвечают требованиям ТСО-99, поэтому их электромагнитное излучение не оказывает вредного действия на работника.

Электростатическое поле

Электростатическое поле возникает в результате облучения экрана потоком заряженных частиц. Неприятности, вызванные им, связаны с пылью, накапливающейся на электростатически заряженных экранах, которая летит на оператора во время его работы за монитором. Электростатический потенциал, возникающий в теле оператора при его работе за монитором, различен и колеблется в пределах от 0 до +0,6 кВ/м (однако, он может быть и отрицательным). Потенциал оператора служит решающим фактором при осаждении частиц на поверхности тела, что, в свою очередь, может служить причиной кожных заболеваний, порчи контактных линз, при катаракте развивается помутнение хрусталика глаза. Поэтому минимальное расстояние работающего от монитора должно быть не менее 50 см.

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха.

Производственный шум

Шум создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими приборами (осветительными) дневного света, также проникает извне. Он является одним из наиболее распространенных факторов внешней среды, неблагоприятно воздействующих на организм человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Шум может вызвать различные сердечные заболевания, способствовать дестабилизации кровяного давления, быстрой утомляемости, ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция. Все это приводит к значительному снижению производительности труда, увеличивается брак в работе, создаются предпосылки к возникновению несчастных случаев. Согласно ГОСТ12.1.003, уровень шума в помещениях для экспериментально-теоретических работ не должен превышать 50 дБ [19].

Шум на рабочих места создается внутренними источниками – вентиляторы в ПК, и внешними источниками – шум с улицы.

Средства индивидуальной защиты органов слуха это специально разработанные устройства для защиты органов слуха от воздействия громких нежелательных звуков. Средства защиты слуха рассчитаны на широкий диапазон шумовых нагрузок.

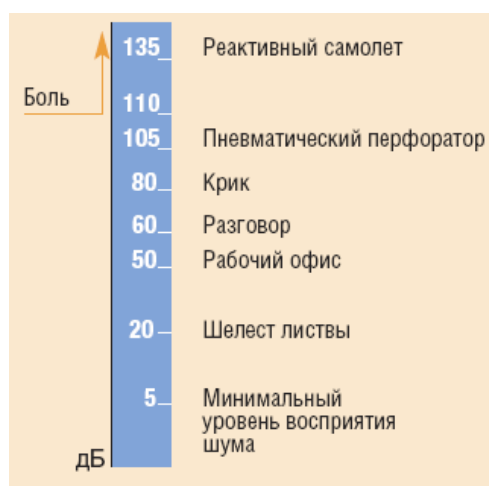


Рисунок 34 Шкала интенсивности шума

Удобные в использовании, гигиеничные и комфортные средства защиты слуха - противошумные вкладыши и наушники - используются во многих отраслях промышленности.

Никаких мер защиты от шума в данной лаборатории не предусмотрено.

Отклоняющиеся условия микроклимата.

Микроклимат производственного помещения, должен измеряться посредством заранее установленных показателей и в случае регулироваться, при помощи специальных устройств(обогреватели, кондиционеры, увлажнители воздуха и т.д.). Нужно отметить, что данные показатели варьируются в зависимости от некоторых условий. А именно от того, в какое время года выполняется работа на участке (в теплое или холодное) и насколько данная работа интенсивна.

Если работа проводится в холодное время года и не имеет отношения к большой энергетической трате человеческого организма (например, человек работает за компьютером), параметры **микроклимата** рабочего помещения должны быть такими: температура воздуха не ниже +22-24°C (температура рабочих поверхностей не меньше +21-25°C, скорость движения воздуха в рабочем помещении 0,1 м/с, относительная влажность воздуха примерно 60-40%). Если работа выполняется в теплый период года и организм при ее выполнении тратит много энергии (работник разгружает тяжелый производственный инвентарь, например), то температурная норма в помещении находится в пределах +18-20°C (скорость движения воздуха в рабочем помещении не должна превышать 0,3 м/с, температура поверхностей не более +17-21°C).[9]

Вредные микроклиматические условия –параметры микроклимата, которые при их сочетанном действии на человека в течение рабочей смены вызывают изменения теплового состояния организма, выраженные общие или локальные дискомфортные теплоощущения, значительное напряжение механизмов терморегуляции, снижение работоспособности. При этом не гарантируется

термостабильность организма человека и сохранение здоровья в период трудовой деятельности и после ее окончания.

Недостаточное освещение.

Особенность работы инженера-измерителя и оператора ПК состоит в том, что предъявляются очень высокие требования к освещенности помещения, так как необходимо внимательно следить за проведением различных экспериментов и набором текста.

В лаборатории используется комбинированное освещение: искусственное и естественное. Естественное освещение проникает в помещение через окна, этим обеспечивается боковое освещение. Но окна аудитории расположены с теневой стороны здания, а работа за компьютером при плохом освещении вызывает излишнее напряжение глаз, ведет к ухудшению зрения, требуется значительное время использовать искусственное освещение.

Для искусственного освещения регламентируется максимальная освещенность рабочих мест, согласно нормам и правилам СНиП 23-05-95.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть **300-500 лк**. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк[20].

Окна располагаются сбоку, такое расположение уменьшает вероятность засветки экранов мониторов солнечными лучами.

Для исключения засветки экрана прямыми потоками света, и раздражения глаз чередующимися полосами света и тени. светильники общего освещения располагаются сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения и стене с окнами[20].

В лаборатории используется общее равномерное освещение. Основными источниками света для общего освещения являются люминесцентные лампы. Основными преимуществами люминесцентных ламп является их экономичность. Световая отдача этих ламп колеблется в пределах 30-80 лм/Вт,

что в 3-4 раза превышает световую отдачу ламп накаливания. Срок их службы доходит до 10000 часов.

Опасные факторы при работе могут присутствовать в виде поражения электрическим током и пожарной опасности.

Электрический ток как причина травм отличается рядом особенностей, которые определяют его опасность:

- электрический ток незрим, не имеет ни запаха, ни цвета, действует бесшумно, а поэтому не обнаруживается органами чувств до начала его действия на организм;
- невозможно без специальных приборов определить наличие напряжения в проводниках;
- ток повреждает ткани не только в месте его входа и выхода, но и на всем пути прохождения через тело человека;
- при действии электрического тока может наблюдаться несоответствие между тяжестью поражения и длительностью его воздействия, и даже случайное точечное прикосновение к токоведущей части электрической установки за долю секунды может вызвать значительные повреждения;

Наиболее часто встречаются две электротравмы: электрический удар и электрический ожог. Ожог также может возникнуть при нахождении пострадавшего вблизи места короткого замыкания, если оно сопровождается электрической дугой.

Наиболее частые причины электротравм:

- неисправность электропроводки, установочных изделий, электроприборов;
- неосторожность, небрежность, неопытность, неосведомлённость пользователя;

Во избежание электротравм необходимо содержать проводку, установочные изделия и электроприборы в исправности, грамотно их эксплуатировать.

8.2 Региональная безопасность

Использование компьютеров требует решения таких важных вопросов, как утилизация отходов (микросхемы с содержанием цветных металлов, платы). При утилизации старых компьютеров происходит их разработка на семь фракций: металлы, пластмассы, штекеры, провода, батареи, стекло. Ни одна деталь не идет для повторного использования, так как нельзя гарантировать их надежность, но в форме вторичного сырья они идут на изготовление новых компьютеров или других устройств. Так же компоненты ПК содержат драгоценные металлы, которые извлекаются при вторичной переработке. Переработку компонентов с целью утилизации драг металлов регламентирует «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники»[21].

Лампы мониторов, как и люминесцентные лампы, содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

При эксплуатации персонального компьютера расходуются следующие ресурсы: электроэнергия; бумага для принтера; картриджи. Для рационального использования электроэнергии не следует оставлять включенным компьютер и принтер, если они не нужны в настоящее время. Печатать можно с двух сторон. Расходы на бумагу вряд ли удастся сократить вдвое, однако экономия будет весьма существенной. Проблему с утилизацией бумажных отходов может решить вторичная переработка.

8.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.

Организация рабочего места

Правильное положение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы рабочих движений (минимум легких, производительных движений) уменьшает утомляемость и предотвращает опасность возникновения профессиональных заболеваний.

При работе инженера, конструктора и исследователя предпочтительна сидячая поза. Она более рациональна и менее утомительна. Работа на персональном компьютере предполагает умственное и психоэмоциональное напряжение, длительное нахождение перед монитором, напряжение органов зрения, адинамию. Чтобы работа за компьютером была безвредна и комфортна, необходимо соблюдать требования соответствующих ГОСТов.

В соответствии с ГОСТ 12.02.032 размеры рабочего места при работе сидя должны быть [11]:

- высота рабочей поверхности стола не менее 600 мм,
- высота сиденья 400-500 мм,
- высота от сиденья до рабочей поверхности 200 мм.

Рабочее место должно состоять из стола с размещенным на нем монитором, клавиатурой, подставкой под документы, кресла и подставки для ног. Экран монитора должен находиться от глаз на расстояние не менее 65-70 см. Плоскость экрана должна быть расположена вертикально или с наклоном на пользователя, это позволит избежать напряжения мышц шеи и спины. Угол зрения, при котором обеспечивается оптимальное различие символов на экране, находится в пределах 15-20 градусов.

Оптимальные размеры стола зависят от размеров монитора и клавиатуры, но ориентировочно они должны быть шириной не менее 90 см, длиной – 160 см. Неправильное положение рук при печати на клавиатуре приводит к хроническим растяжениям кисти. Важно не столько отодвинуть клавиатуру от края стола и опереть кисти о специальную площадку, сколько держать локти

параллельно поверхности стола и под прямым углом к плечу. Клавиатура должна располагаться в 10-15 см (в зависимости от длины локтя) от края стола.

Для работы очень важно иметь кресло, в котором регулируется: высота, наклон спинки, расстояние спинки от сиденья. Кресло нужно выбирать с подлокотником, это поможет менять позу и положение рук. Кресло с невысокой спинкой, максимум до лопаток, более удобно и лучше способствует правильной осанке во время работы. Чтобы ноги были расслаблены и не затекали, лучше использовать подставку для ног с регулируемым углом наклона от 0 до 30 градусов. Если ноги не касаются пола, то пользователь обязательно будет сутулиться.

Комната, в которой установлен компьютер, должна быть просторной, с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией окон, что обеспечит достаточное, естественное освещение. Для искусственного освещения лучше применять светильники с люминесцентными лампами. Желательно, чтобы высота стола могла регулироваться в соответствии с ростом пользователя. При естественном освещении стол нужно поставить дальше от окна, чтобы свет падал с левой стороны.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПК на базе электронно-лучевой трубки должна составлять не менее 6 м^2 , объем производственного помещения на одного работающего должен составлять не менее 20 м^3 . В помещениях с ПК на базе жидкокристаллических или плазменных экранов площадь на одно рабочее место должна составлять не менее $4,5\text{ м}^2$.

Помещения, где размещаются рабочие места с ПК, должны быть оборудованы защитным заземлением, в них должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПК.

Для отделки интерьера помещений должны использоваться материалы пастельных тонов с матовой фактурой. Покрытие пола выполняется из гладких, нескользящих материалов, обладающих антистатическими свойствами.

Все указанные требования в данном помещении выполняются

Для снятия умственного и физического напряжения, и усталости глаз, при интенсивной работе за компьютером необходимо делать перерывы по 5-10 минут каждый час работы или 15-20 минут каждые два часа работы. Время перерывов целесообразно использовать для активного отдыха, проветривание комнаты, психологической разгрузки и гимнастики для глаз.

8.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.

- **применение режима сокращённого рабочего дня;**

Режим неполного рабочего времени может устанавливаться по просьбе беременной женщины, одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до 14 лет (ребенка-инвалида – в возрасте до 18 лет), а также по требованию лица, осуществляющего уход за больным членом семьи при условии наличия выданного в установленном порядке медицинского заключения.

Таким образом, на основании положений ст. 93 ТК РФ режим неполного рабочего времени может вводиться в отношении отдельных работников. При этом выделяются случаи, когда работодатель обязан удовлетворить просьбу работника о работе на условиях неполной занятости, а также случаи, когда именно работодатель решает, удовлетворить соответствующую просьбу работника или нет.

Непосредственно ТК РФ не дает определения неполного рабочего времени, в ст. 93 ТК РФ предусматривается лишь то, что оно может устанавливаться в виде неполного рабочего дня или неполной рабочей недели.

В соответствии с положениями ст. 91 ТК РФ нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Если же работник пользуется правом на рабочую неделю меньшей продолжительности, то для него нормальная продолжительность рабочего времени может составлять менее 40 часов (36 часов, 35 часов, 24 часа и т. д.).

- **запрещение использования труда женщин и подростков;**

В целях обеспечения здоровых и безопасных условий труда женщин, работающих на предприятиях с любой организационно-правовой формой и видом собственности, Правительство РФ утвердило новые нормы предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную согласно приложению (постановление от 6 февраля 1994 г. № 105). Предельно допустимая масса груза при чередовании с другой работой (до двух раз в час) составляет 10 кг. Подъем и перемещение тяжестей постоянно в течение рабочей смены - 7 кг. Величина динамической работы, совершаемой в течение каждого часа рабочей смены, не должна превышать: с рабочей поверхности - 1750 кгс-м, а с пола - 875 кгс-м. В массу поднимаемого и перемещаемого груза включается масса тары и упаковки. При перемещении грузов на тележках или в контейнерах прилагаемое усилие не должно превышать 10 кг.

- **наличие рабочих мест с вредными и (или) опасными условиями труда и виды компенсаций за таковой;**

Рабочее место оператора ПК не предусматривает компенсаций в связи с вредными и (или) опасными условиями труда.

- **привлечение трудящихся к работам в ночное время и к сменной работе не требуется**
- **применение спецодежды и СИЗ не требуется**
- **применение спецпитания и особого лечебно-профилактического обслуживания не требуется.**

8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.5.1 Стихийные бедствия и военное время

Во время стихийных бедствий и в военное время функционирование нашей лаборатории необязательно. Поэтому при объявлении эвакуации лаборатория закрывается. Перед закрытием лаборатории предпринимается ряд мер для обеспечения сохранности оборудования:

- все оборудование разбирается и переставляется на пол, ближе к тем участкам стены, на которых нет оконных проемов;

- носители информации (flash-память, винчестеры) убираются в несгораемые сейфы;

- все энерго- и водоснабжение лаборатории отключается.

8.5.2 Пожарная безопасность

Здание, в котором находится лаборатория, построено из несгораемого материала – кирпича, и относится к зданиям второй степени огнестойкости.

В соответствии с ФЗ 123 по оценке пожарной опасности производства лаборатория относится к категории В[12], так как в лаборатории отсутствуют легко воспламеняемые материалы и мало сгораемых материалов. В качестве возможных причин пожаров можно указать следующие:

- различные короткие замыкания;

- опасна перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;

- нередко пожары происходят при пуске оборудования после ремонта.

Для предупреждения пожаров от короткого замыкания, перегрузок, необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и т.д.

Мероприятия, необходимые для предупреждения пожаров:

- противопожарный инструктаж;

- соблюдение противопожарных норм, правил при установке оборудования, освещения;

- правильные эксплуатация и размещение оборудования;

- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования;

- запрещение курения в неустановленном месте.

Для тушения пожаров можно применять:

- галогидрированные углеводороды;

- углекислый газ;

- воздушно-механическую пену.

На этаже имеются пенные огнетушители ОХВП-10 и углекислотные огнетушители ОУ-2. На видном месте вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара.

На случай возникновения пожара в лаборатории должны быть в наличии первичные средства тушения пожара. Так как основная опасность – неисправность электропроводки, то при пожаре необходимо немедленно обесточить электросеть в помещении. Главный рубильник должен находиться в легкодоступном месте. До момента выключения рубильника, очаг пожара можно тушить сухим песком или углекислотными огнетушителями. Одновременно с этим необходимо сбить пламя, охватившее горящие предметы, расположенные вблизи проводников.

Водой и химическими пенными огнетушителями горящую электропроводку следует тушить только тогда, когда она будет обесточена.

При возникновении пожара обязанности по его устранению должны быть четко распределены между работниками лаборатории (ГОСТ 12.004. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования) [22].

9 Организационно – экономическая часть

Целью экономических расчетов является: планирование исследований, проводимых в рамках научно-исследовательской работы, решение вопросов организации, определение себестоимости работы и порядка распределения бюджетных средств, оценка эффективности.

9.1 Организация и планирование работы

На этапе планирования необходимо составить полный перечень проводимых работ, определить исполнители каждого из этапов, установить продолжительность работ и построить линейный график выполнения запланированных работ.

Вся работа делится на следующие основные этапы:

I. Подготовительный этап:

1. Получение и анализ задания;
2. Утверждение технического задания;
3. Подбор и изучение литературы;
 - 3.1. Изучение объекта контроля;
 - 3.2. Обзор методов и средств контроля;

II. Основной этап:

4. Разработка структурной схемы;
5. Разработка принципиальной схемы прибора;
6. Расчет принципиальной схемы;
7. Расчет погрешностей и надежности;
8. Безопасность и экономичность производства;

III. Заключительный этап:

9. Подведение итогов;
10. Оформление отчетной документации о проделанной работе;
11. Оформление графического материала.

9.2 Определение трудоемкости выполнения НИР

Трудовые затраты составляют основную часть стоимости НИР и оказывают непосредственное влияние на сроки разработки.

Трудоемкость может быть определена во времени на основе нормативов или опытно-статическим путем. Сложность составления нормативов заключается в многообразии и неоднородности выполняемых работ.

При расчете можно пользоваться опытно-статическим методом, который реализуется двумя вариантами:

а) методом аналогов, когда трудоемкость определяется по работам, проведенным ранее или другим коллективом, учетом сложности новой разработки;

б) вероятным методом, когда ожидаемое время выполнения той или иной работы определяется по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5},$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения работы;

t_{\min} – минимальный срок выполнения работ;

t_{\max} – максимальный срок выполнения работ.

Срок выполнения каждого этапа работ устанавливает руководитель дипломного проектирования.

Трудоемкость темы рассчитывается как суммы трудоемкостей этапов. Установление любого времени выполнения работы сопровождается некоторой неопределенностью, которая определяется среднеквадратичным отклонением:

$$\sigma^2 = 0,04 \cdot (t_{\max} - t_{\min})^2,$$

Для расчета продолжительности этапов необходимо ввести число участников, выполняющих работ на определенном этапе. В разработке данной темы участвуют:

- студент,
- Научный руководитель.

Продолжительность этапов в рабочих днях определяется по формуле:

$$T_{p.д.} = \frac{t_{ож} \cdot K_d}{c \cdot p \cdot K_{вн}},$$

где $T_{p.д.}$ – длительность этапа, (раб. дни);

p – число смен в сутки, $p = 1$;

c – число работников, занятых в выполнении работы;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $K_{вн} = 1$;

K_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время: консультации и согласование работ, $K_d = 1,15 \div 1,25$, принимаем $K_d = 1,2$.

Для удобства построения линейного графика выполнения работ, длительность этапов в рабочих днях переведем в календарные дни:

$$T_{к.д.} = T_K \cdot T_{p.д.},$$

где $T_{к.д.}$ – время в календарных днях;

$T_{p.д.}$ – время в рабочих днях;

T_K – поправочный коэффициент (календарности), рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}},$$

где $T_{кал}$ - календарные дни, $T_{кал} = 365$;

$T_{вд}$ - выходные дни, $T_{вд} = 104$;

$T_{пд}$ - праздничные дни, $T_{пд} = 11$.

$$T_K = \frac{365}{365 - 104 - 11} = 1,46,$$

Таблица 8 - Результаты расчета трудоёмкости работ на этапах НИР

Содержание подэтапа	Трудоёмкость работ, человеко-дней			σ^2	Длительность работ, дней	
	tmin	tmax	$T_{ож}$		$T_{pд}$	$T_{кд}$

Подготовительный этап							
Получение и утверждение задания	Рук.	1	2	1,4	0,04	0,84	1,23
	Студ.						
Обзор, изучение и анализ литературы	Студ.	18	20	18,8	0,16	22,56	32,94
Анализ задачи	Рук.	3	6	4,2	0,36	2,52	3,68
	Студ.						
Основной этап							
Анализ действующей НТД	Студ.	18	22	19,6	0,64	23,52	34,34
Составление структурной семы	Рук.	12	14	12,8	0,16	7,68	11,21
	Студ.						
Разработка принципиальной схемы	Студ.	15	17	15,8	0,16	18,96	27,68
Подведение итогов работы	Рук.	2	3	2,4	0,04	1,44	2,1
	Студ.						
Заключительный этап							
Написание пояснительной записки	Студ.	10	14	11,6	0,64	13,92	20,32
Оформление работы	Студ.	5	7	5,8	0,16	6,96	10,16
Сдача готового проекта	Рук.	1	1	1	0,04	0,6	0,88
	Студ.						
Итого:	Рук.	85	106	93,4	2,4	12,52	19,1
	Студ.					99	144,5

Расчет нарастания технической готовности работ.

Величина нарастания технической готовности работы показывает, на сколько процентов выполнена работа на каждом подэтапе.

$$H_i = \frac{t_H}{t_O} \cdot 100\%$$

где t_H - нарастающая трудоемкость с момента начала разработки темы, чел-дни;

t_O - общая трудоемкость, которая вычисляется по формуле

$$t_O = \sum_{i=1}^n t_{OЖi}$$

Для определения удельного веса каждого подэтапа воспользуемся формулой

$$I_i = \frac{t_{OЖi}}{t_O} \cdot 100\%$$

где $t_{OЖi}$ - ожидаемая трудоемкость i -го подэтапа, чел-дни;

t_O - общая трудоемкость, чел-дни.

Результаты расчетов представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Нарастание технической готовности работ

Этапы	Подготовительный			Основной				Заключительный		
Подэтапы	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3
$T_{OЖ}$, ч-дн.	1,4	18,8	4,2	19,6	12,8	15,8	2,4	11,6	5,8	1
t_H , дн.	1,4	20,2	24,4	44	56,8	72,6	75	86,6	92,4	93,4
$I_{пэ}$, %	1	21	4	21	15	17	2	12	6	1
H_{ri} , %	1	22	26	47	62	79	81	93	99	100

9.3 Расчет себестоимости НИР

Статьи расходов на НИР.

Стоимость научно-исследовательской работы – качественный показатель научно-технической деятельности. Планирование, учет себестоимости НИР осуществляется по калькуляционным статьям и экономическим элементам.

Затраты на НИР рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

Ст. 1 заработная плата;

Ст. 2 начисления на зарплату (в пенсионный фонд, социальное страхование, медицинское страхование);

Ст. 3 расходы на материалы и комплектующие изделия;

Ст. 4 специальное оборудование для научных и экспериментальных работ;

Ст.5 накладные расходы;

Ст. 6 прибыль;

Ст. 7 налог на добавленную стоимость.

Проведем расчеты по каждой из статей.

Основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в НИОКР.

Зарплата исполнителей рассчитывается по формуле:

$$З_{п} = (З_{о} + З_{доп} + З_{нв}),$$

где $З_{о}$ - зарплата, определяемая по тарифной сетке;

$З_{доп}$ - дополнительная зарплата;

$З_{нв}$ - доплата за неотработанное время.

Для определения основной зарплате необходимо рассчитать дневную зарплату исполнителей:

$$З_{он} = 1,3 \cdot K \cdot З_{мин} \cdot M / F ,$$

где $З_{мин}$ – минимальная ставка 1 разряда ($З_{мин} = 4330$ руб.);

K_m – тарифный коэффициент, зависящий от разряда;

М – число рабочих месяцев в году без отпуска (М = 11,2 при отпуске в 24 рабочих дня и М = 10,3 при отпуске в 52 рабочих дня);

F – количество рабочих дней в году.

Таблица 10 - Годовой фонд рабочего времени

	показатели рабочего времени	годовой фонд рабочего времени	
		инженер	руководитель
1	число календарных дней в году	365	365
2	нерабочие дни в году:		
	выходные	104	104
	праздничные	11	11
	отпуск	24	52
	больничные	10	10
3	действительный годовой фонд рабочего времени	216	188

Основная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_o = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{кд}},$$

где: $Z_{\text{дн}}$ – зарплата за один рабочий день;

$T_{\text{кд}}$ – длительность этапов в календарных днях.

Дополнительная зарплата, получаемая исполнителями, рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot Z_o,$$

Зарплата за неурочное время, рассчитывается как:

$$Z_{\text{нв}} = 0,08 \cdot (Z_o + Z_{\text{доп}}).$$

Таблица 11 - Заработная плата исполнителей

Исполнители	Разряд по тарифной сетке	Разрядный коэффициент	T _{кд} , дни	З _о , руб.	З _{доп} , руб.	З _{нв} , руб.	З _п , руб.
Руководитель	14	3,36	19,1	19792	2969	1821	24582
Дипломник	11	2,68	144,5	113031	16955	10399	140385
Итого							164967

Начисления на зарплату.

Затраты по этой статье складываются из отчислений на социальные нужды:

отчисления в федеральный бюджет 20%;

на социальное страхование 2.8%;

на медицинское страхование 3,2%;

Итого: 26% от суммы общей зарплаты.

Сумма начислений составит 42891,42 рубля.

Расходы на материалы и комплектующие изделия.

К этой статье относится стоимость всех материалов, включая расходы на их приобретение и доставку (транспортно - заготовительные расходы можно принимать в пределах 5% от их стоимости).

Затраты на материалы рассчитываются по формуле:

$$C_M = Q \cdot Ц,$$

где Q – количество используемого материала

Ц – стоимость материала за единицу

Таблица 12 - Смета расходов

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу товара, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Комплекующие изделия				
Микроконтроллер AT89S8253	шт.	1	180	180
Микросхема TSL1412S	шт.	1	2330	2330
Микросхема ADM1232	шт.	1	34	34
Микросхема LM108A	шт.	2	64	128
Микросхема K155TM2	шт.	1	3	3
Микросхема КР514ИД1	шт.	1	3	3
Микросхема МАХ3089	шт.	1	230	230
Микросхема LM555	шт.	1	5	5
Микросхема CNQ5641AE	шт.	1	230	230
Кварцевый резонатор НС-49U-12МГц	шт.	1	3,5	3,5
Резистор МЛТ-0,125- 220Ом	шт.	8	0,2	1,6
Резистор МЛТ-0,125-1 кОм	шт.	7	0,2	1,4
Резистор МЛТ-0,125-10 кОм	шт.	3	0,2	0,6
Резистор МЛТ-0,125-5,1 кОм	шт.	2	0,2	0,4
Резистор МЛТ-0,125-1,1 кОм	шт.	1	0,2	0,2
Резистор МЛТ-0,5-120 Ом	шт.	1	0,2	0,2
Резистор подстроечный СПЗ-38Б-0,125-2,2 кОм	шт.	1	0,9	0,9
Резистор SQP-5-8,2 Ом	шт.	1	5	5

Транзистор КТ603А	шт.	4	28	112
Транзистор КТ815	шт.	1	13	13
Конденсаторы К73-16В-0,1 мкФ	шт.	1	6	6
Конденсаторы К10-17-20 пФ	шт.	2	2	4
Переключатель KFC-A06-C2	шт.	1	1,5	1,5
Переключатель RS-102-1В3	шт.	1	17	17
Разъем PLS-12	шт.	1	8	8
Разъем BLS-12	шт.	1	16	16
Разъем PLS-14	шт.	1	8,4	8,4
Разъем BLS-14	шт.	1	17	17
Разъем PLS-3	шт.	1	19	19
Разъем BLS-3	шт.	1	13	13
Разъем SS-7В	шт.	1	18	18
Расходные материалы				
Припой ПОС-61	г.	100	27,5	27,5
Канифоль	г.	20	2,5	2,5
Стеклотекстолит	дм ² .	2	21	21
Бумага	пачка	1	110	110
Ватман А3	шт.	8	7	56
Итого				3624,7

Затраты на специальное оборудование.

К этой статье относятся затраты на приобретение различного оборудования и приборов. Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле:

$$A = N_a \cdot t_i \cdot C,$$

где С - первоначальная стоимость оборудования;

N_а - норма амортизации, равная 1/Т_{сл}*100%,

Т_{сл} – время использования в месяцах;

t_i – период на который рассчитывается амортизация;

Примем время службы 5 лет, а время использования 3 месяца, то есть оборудование будет использоваться не только при написании НИР.

Тогда $N_a = 1/60 \cdot 100\% = 1,66\%$

Таблица 13 - Затраты на специальное оборудование

Наименование	Количество	С, руб.	N_a , %	А, руб.
Компьютер	1 шт.	25000	1,66	1245
Принтер	1 шт.	3000	1,66	149,4
Итого		28000		273,9

Накладные расходы.

Накладные расходы - это расходы, связанные с производством, управлением и хозяйственным обслуживанием, которые в равной степени относятся ко всем разрабатываемым темам.

Сумма накладных расходов составит 100% от общей суммы заработной платы: 164967 рубля.

Прочие производственные расходы.

Прочие производственные расходы, то есть все неучтенные ранее затраты (покупка литературы, почтово-телеграфные расходы, командировочные и другие). Рассчитываются как (3...5)% от суммы предыдущих статей. Таким образом, прочие производственные расходы составят:

$$(164967 + 42891,42 + 3624,7 + 273,9 + 164967) \cdot 0,04 = 15068,96 \text{ руб.}$$

Себестоимость НИР.

Себестоимость НИР определяется суммой всех статей (1 – 6). Стоимость НИР составит:

$$(164967 + 42891,42 + 3624,7 + 273,9 + 164967 + 15068,96) = 391792,98 \text{ руб.}$$

Прибыль.

Размер прибыли составляет 20% от статьи 7. Сумма предполагаемой прибыли (метод ценообразования: «затраты + прибыль») составит:

$$391792,98 \cdot 0,2 = 78358,6 \text{ руб.}$$

НДС.

НДС составляет 18% от суммы статей 7 - 8. Сумма НДС составила:

$$(391792,98 + 78358,6) \cdot 0,18 = 84627,28 \text{ руб.}$$

Общая стоимость НИР.

Общая стоимость НИР определяется как сумма статей 7 - 9. Полная смета затрат приведена в таблице 16 [23].

Таблица 14 - Смета затрат

Наименование статьи	Затраты, руб.	Примечание
1. Заработная плата	164967	Таблица 3
2. Начисления на зарплату	42891,42	26% от ст. 1
3. Расходы на материалы (без НДС)	3624,7	Таблица 4
4. Специальное оборудование	273,9	Таблица 5
5. Накладные расходы	164967	100% от ст. 1
6 Прочие производственные расходы	15068,96	4% от ст. 1-5
7. Себестоимость НИР	391792,98	Сумма ст. 1- 6
8. Прибыль	78358,6	20% от ст. 7
9. НДС	84627,28	18% от суммы ст. 7-8
10. Цена	554778,86	Сумма ст. 7 - 9

9.4 Оценка экономического эффекта

Экономический эффект - полезный результат применения нового изделия, измеряемого абсолютными величинами обычно в качестве основного

результата выступает прибыль, экономия на производственных или эксплуатационных расходах. Экономическая эффективность – это отношение экономического эффекта к затратам, вызвавшим этот эффект.

$$E_э = \frac{\mathcal{E}}{з} \times 100\%,$$

где $E_э$ – экономическая эффективность;

\mathcal{E} – экономический эффект, руб;

з – затраты, связанные с достижением эффекта.

$$\mathcal{E} = \frac{\text{Цена} - \text{Себестоимость}}{K_э},$$

$K_э$ – коэффициент, учитывающий определенный процент от экономического эффекта, ожидаемого от внедрения разработки, устанавливается по согласованию сторон в зависимости от характера работ, степени риска и других факторов; $K_э=0,3$.

$$\mathcal{E} = \frac{554778,86 - 391792,98}{0,3} = 543286,27,$$

$$E_э = \frac{543286,27}{554778,86} \times 100\% = 97,928\%.$$

Для сравнения взята система измерения диаметра кабелей среднего и большого сечения фирмы "Эрмис+", разработанная на ЗАО «Укрмашприбор». Сравнимая система построена на основе однокоординатной измерительной головки "Цикада-3.41". Цена разработки составляла 320580 рублей, а себестоимость 226400 рублей.

$$\mathcal{E} = \frac{320580 - 226400}{0,3} = 313933,$$

$$E_э = \frac{313933}{320580} \times 100\% = 97,92\%.$$

Произведённые расчёты показывают, что разработанная система по экономической эффективности не уступает аналогичным разработкам.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была разработана система контроля диаметра электрического кабеля. В ходе выполнения данной работы были проанализированы существующие схемы построения оптических измерителей диаметра, выявлены их достоинства и недостатки. Выбрана и рассчитана наиболее подходящая однокоординатная схема с теневым методом измерения, которая наиболее удовлетворяет требованиям технического задания.

На основе этого метода был спроектирован измерительный прибор для автоматического контроля диаметра кабелей, проводов и других протяженных изделий.

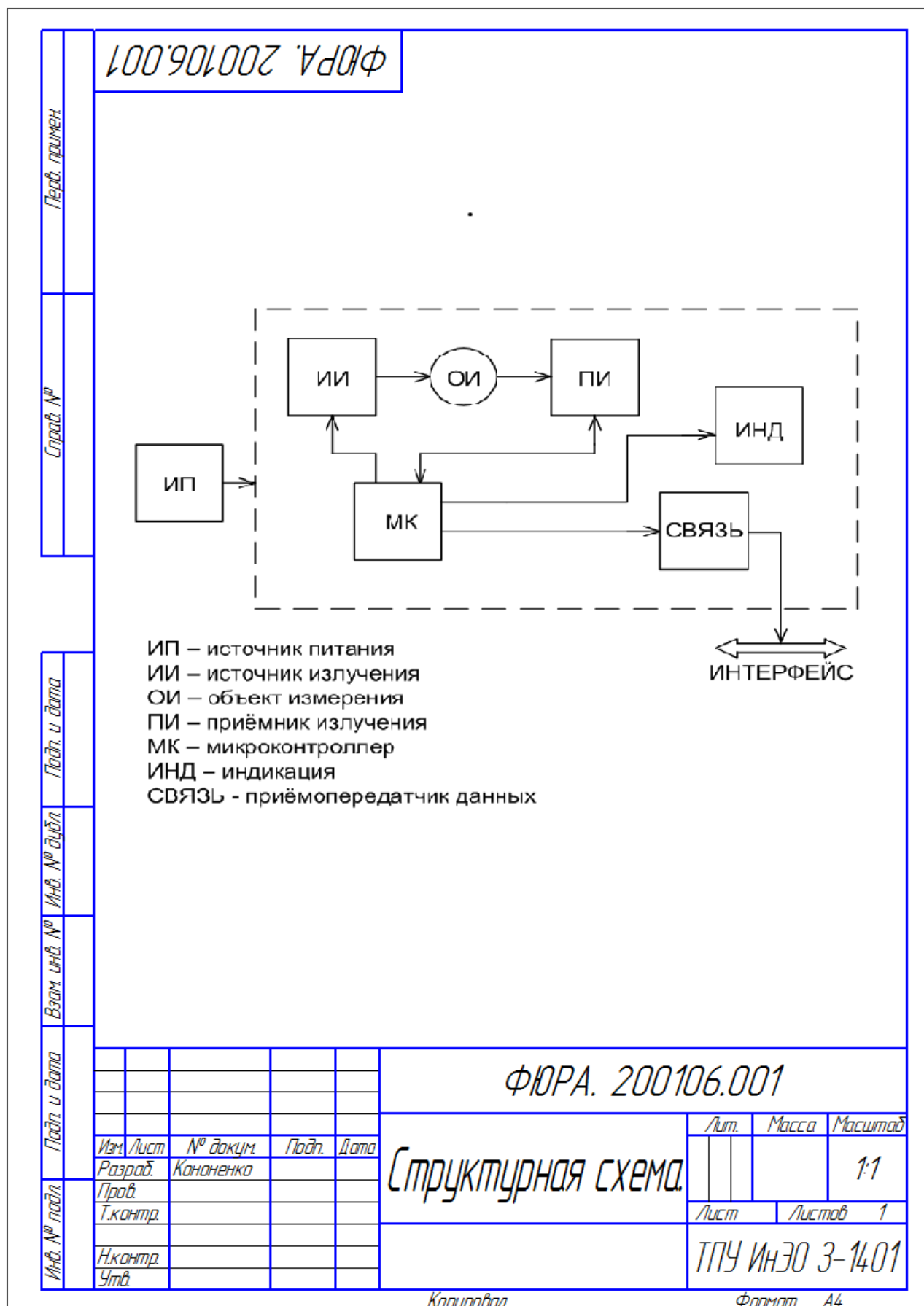
Данный прибор позволяет измерять диаметр кабеля до 30мм с абсолютной погрешностью 20мкм. С его помощью можно производить непрерывный контроль диаметра кабеля в процессе производства. Благодаря использованию современной элементной базы, прибор обладает высоким быстродействием и надежностью.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 15845-80 - Изделия кабельные. Термины и определения.
2. М. Б. Зевин, А. Н. Трифонов Производство и распределение электрической энергии - Монтаж и эксплуатация кабелей
3. Федоров Е.М. Технологический контроль диаметра и эксцентricности электрического кабеля в процессе производства
4. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение. Справочник. - Минск, 2007
5. Светодиоды вместо ламп // Полит.ру, 26.12.2007
6. Шуберт Ф. Е. Светодиоды. — М.: Физматлит, 2008. — С. 61, 77—79. — 496 с.
7. Быстров Ю. А. «Оптоэлектронные приборы и устройства» – издательство «РадиоСофт», 2001 г.
8. Вартамян С.П.Оптоэлектронные приборы и устройства.МГУП. Учебное пособие
9. Т.5 : Неметаллические материалы / Ред. В.А. Попов, С.И. Сильвестрович, И.Ю. Шейдеман. - М. : Машиностроение, 1969. - 544 с
- 10.А. А. Бокуняев, Н. М. Борисов, Р. Г. Варламов и др. Справочная книга радиолюбителя конструктора. — Радио и связь, 1990. — С. 369.
- 11.Пилипович В. А., Есман А. К., Кулешов В. К и др. «Устройство измерения диаметра движущихся объектов» // Приборы и системы управления 1990. № 3.
- 12.Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник Романычева Э.Т.- М.: Радио и связь, 1989. - 448с.
- 13.В.К. Жуков, Б.Б. Винокуров, А.М. Нестеров. Измерительная техника: Учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2003.
- 14.Труханов В. М. Надежность технических систем / В. М. Труханов. - Москва: Машиностроение-1, 2008. — 585 с
- 15.Ушаков И. А. Курс теории надежности систем: учебное пособие / И. А. Ушаков. - Москва: Дрофа, 2008. - 240 с.
- 16.Шишмарев В. Ю. Надёжность технических систем: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарев. - Москва: Академия, 2010. - 304 с.
- 17.Дорохов А.Н. , Керножицкий В.А., Миронов А.Н., Шестопалова О.Л. Обеспечение надежности сложных технических систем: Учебник. - СПб.: Издательство «Лань», 2010. - 352 с.
- 18.С.В.Белов, А.В.Ильницкая и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов, 1999. – 236 с.
- 19.В.Г.Атаманюк и др. Гражданская оборона, 1986. – 89 с.

20. Федосова В.Д. Освещенность. Расчет искусственного освещения. Методические указания. Томск, 1991 – 34с.
21. С.В.Белов и др. Охрана окружающей среды, 1991. – 160 с.
22. ГОСТ 12.004. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
23. Технико–экономическое обоснование дипломных проектов / Под ред. А. С. Беклешева – М.: В. Ш., 1983. – 472 с

Приложение А. Схема структурная.



Копировал

Формат А4

Приложение Б.
Печатная плата.

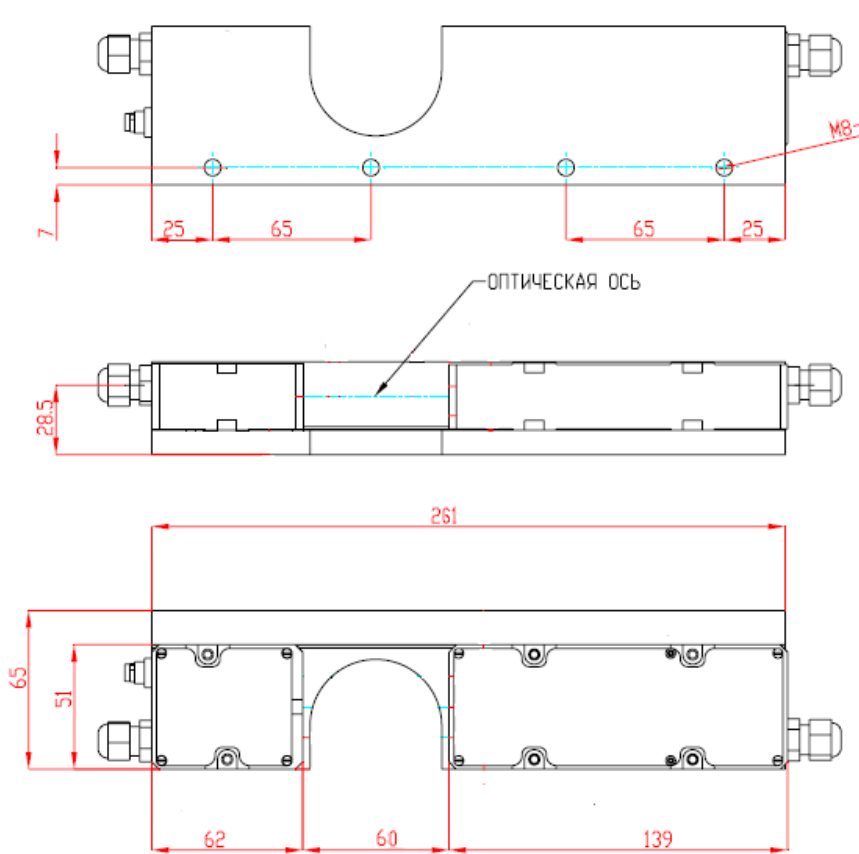
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Испол. №
<div>ФЮРА. 431418.002</div> <div></div>					
ФЮРА. 431418.002					
Печатная плата.					
ТПУ ИНЭО 3-1401					
Формат А4					
Копирован					

Приложение В.
Алгоритм работы.



Приложение Г.

Общий вид.

Перв. примен.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; transform: rotate(180deg);">ФЮРА. 40114.1.003 ВО</div>													
Стр. №														
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">ФЮРА. 40114.1.003 ВО</p> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">Оптоэлектронный микрометр.</p> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">Общий вид.</p> </div>										
Инв. № подл.	Изм. лист	№ докум.	Подп.	Дата	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Лит.</td> <td style="width: 10%;">Масса</td> <td style="width: 10%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">1:2</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Листов</td> <td>1</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб			1:2	Лист	Листов	1
Лит.	Масса	Масштаб												
		1:2												
Лист	Листов	1												
Разраб.	Пров.	Т.контр.	Н.контр.	Утв.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="margin: 0;">ТПУ ИНЭО 3-1401</p> </div>									
Копировал					Формат А4									

Приложение Д. Корпус прибора.

